COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS ET Cie, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME CENT-SOIXANTE-SEIZIÈME.

JANVIER — JUIN 1923.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS et Cie, IMPRIMEURS-LIBRAIRES

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1923

ÉTAT DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

AU 1er JANVIER 1923

SCIENCES MATHÉMATIQUES.

Section Ire. — *Géométrie.*

Messieurs:

Appell (Paul-Émile), G. O. ✻.
Painlevé (Paul), ✻.
Hadamard (Jacques-Salomon), ✻.
Goursat (Édouard-Jean-Baptiste), ✻.
Borel (Félix-Édouard-Justin-Émile), O. ✻.
Lebesgue (Henri-Léon).

Section II. — *Mécanique.*

Boussinesq (Joseph-Valentin), O. ✻.
Sebert (Hippolyte), C. ✻.
Vieille (Paul-Marie-Eugène), G. O. ✻.
Lecornu (Léon-François-Alfred), O. ✻.
Kœnigs (Gabriel-Xavier-Paul), O. ✻.
Mesnager (Augustin-Charles-Marie), O. ✻.

Section III. — *Astronomie.*

Deslandres (Henri-Alexandre), O. ✻.
Bigourdan (Guillaume), O. ✻.
Baillaud (Édouard-Benjamin), C. ✻.
Hamy (Maurice-Théodore-Adolphe), ✻.
Puiseux (Pierre-Henri), ✻.
Andoyer (Marie-Henri), ✻.

Section IV. — *Géographie et Navigation.*

Messieurs :

Bertin (Louis-Émile), C. ✻.
Lallemand (Jean-Pierre, *dit* Charles), O. ✻.
Fournier (François-Ernest), G. C. ✻, ✠.
Bourgeois (Joseph-Émile-Robert), G. O. ✻.
Ferrié (Gustave), C. ✻.
N. . . . .

Section V. — *Physique générale.*

Violle (Louis-Jules-Gabriel), C. ✻.
Villard (Paul), O. ✻.
Branly (Édouard-Eugène-Désiré), O. ✻.
Berthelot (Paul-Alfred-Daniel).
Brillouin (Louis-Marcel), ✻.
N. . . . .

SCIENCES PHYSIQUES.

Section VI. — *Chimie.*

Haller (Albin), G. O. ✻.
Le Chatelier (Henry-Louis), C. ✻.
Moureu (François-Charles-Léon), C. ✻.
Béhal (Auguste), C. ✻.
Urbain (Georges), ✻.
N. . . . .

Section VII. — *Minéralogie.*

Barrois (Charles-Eugène), O. ✻.
Douvillé (Joseph-Henri-Ferdinand), O. ✻.
Wallerant (Frédéric-Félix-Auguste), ✻.
Termier (Pierre-Marie), O. ✻.
Launay (Louis-Auguste-Alphonse de), O. ✻.
Haug (Gustave-Émile), ✻.

SECTION VIII. — *Botanique.*

Messieurs :

GUIGNARD (Jean-Louis-Léon), C. ✻.
MANGIN (Louis-Alexandre), C. ✻.
COSTANTIN (Julien-Noël), ✻.
LECOMTE (Paul-Henri), O. ✻.
DANGEARD (Pierre-Augustin-Clément), ✻.
N. . . . .

SECTION IX. — *Économie rurale.*

ROUX (Pierre-Paul-Émile), G. C. ✻.
SCHLŒSING (Alphonse-Théophile), O. ✻.
MAQUENNE (Léon-Gervais-Marie), O. ✻.
LECLAINCHE (Auguste-Louis-Emmanuel), C. ✻.
VIALA (Pierre), O. ✻.
LINDET (Gaston-Aimé-Léon), C. ✻.

SECTION X. — *Anatomie et Zoologie.*

BOUVIER (Louis-Eugène), O. ✻.
HENNEGUY (Louis-Félix), O. ✻.
MARCHAL (Paul-Alfred), O. ✻.
JOUBIN (Louis-Marie-Adolphe-Olivier-Édouard), O. ✻.
MESNIL (Félix-Étienne-Pierre), ✻.
GRAVIER (Charles-Joseph), ✻.

SECTION XI. — *Médecine et Chirurgie.*

ARSONVAL (Jacques-Arsène D'), C. ✻.
RICHET (Robert-Charles), C. ✻.
QUÉNU (Édouard-André-Victor-Alfred), C. ✻.
WIDAL (Fernand-Georges-Isidore), G. O. ✻.
BAZY (Pierre-Jean-Baptiste), O. ✻.
VINCENT (Jean-Hyacinthe), G. O. ✻.

SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

Messieurs :

PICARD (Charles-Émile), C. ✻, pour les sciences mathématiques.
LACROIX (François-Antoine-Alfred), O. ✻, pour les sciences physiques.

ACADÉMICIENS LIBRES.

FREYCINET (Louis-Charles DE SAULSES DE), O. ✻.
HATON DE LA GOUPILLIÈRE (Julien-Napoléon), G. O. ✻.
BONAPARTE (le prince Roland).
TISSERAND (Louis-Eugène), G. C. ✻.
BLONDEL (André-Eugène), O. ✻.
GRAMONT (le c[te] Antoine-Alfred-Arnaud-Xavier-Louis DE), O. ✻.
FOCH (le maréchal Ferdinand), G. C. ✻, ✠.
JANET (Paul-André-Marie), O. ✻.
BRETON (Jules-Louis).
OCAGNE (Philbert-Maurice D'), O. ✻.

MEMBRES NON RÉSIDANTS.

SABATIER (Paul), C. ✻, à Toulouse.
GOUY (Louis-Georges), ✻, à Lyon.
DEPÉRET (Charles-Jean-Julien), O. ✻, à Lyon.
FLAHAULT (Charles-Henri-Marie), O. ✻, à Montpellier.
KILIAN (Charles-Constant-Wilfrid), ✻, à Grenoble.
COSSERAT (Eugène-Maurice-Pierre), à Toulouse.

APPLICATIONS DE LA SCIENCE A L'INDUSTRIE.

LEBLANC (Charles-Léonard-Armand-Maurice), ✻, à Paris.
RATEAU (Camille-Edmond-Auguste), O. ✻, à Paris.
CHARPY (Augustin-Georges-Albert), O. ✻, à Paris.
CHARDONNET (le c[te] Louis-Marie-Hilaire BERNIGAUD DE), ✻, à Paris.
LUMIÈRE (Louis-Jean), C. ✻, à Lyon.
LAUBEUF (Alfred-Maxime), O. ✻, à Paris.

ASSOCIÉS ÉTRANGERS.

Messieurs :

VAN DER WAALS (Joannes Diderik), à Amsterdam.
LANKESTER (Sir Edwin Ray), à Londres.
LORENTZ (Hendrik Antoon), à Haarlem (Pays-Bas).
GEIKIE (Sir Archibald), O. ✻, à Haslemere, Surrey.
VOLTERRA (Vito), C. ✻, à Rome.
HALE (George Ellery), à Mount Wilson Observatory (Californie).
THOMSON (Sir Joseph John), à Cambridge (Angleterre).
WALCOTT (Charles Doolittle), à Washington.
MICHELSON (Albert Abraham), à Chicago.
N. . . . .
N. . . . .
N. . . . .

CORRESPONDANTS.

SCIENCES MATHÉMATIQUES.

SECTION Ire. — *Géométrie* (10).

MITTAG-LEFFLER (Magnus Gustaf), C. ✻, à Djursholm (Suède).
GUICHARD (Claude), ✻, à Paris.
HILBERT (David), à Göttingen.
LA VALLÉE POUSSIN (Charles-Jean-Gustave-Nicolas DE), à Louvain.
BIANCHI (Luigi), à Pise.
LARMOR (Sir Joseph), à Cambridge (Angleterre).
DICKSON (Leonard Eugene), à Chicago.
RIQUIER (Charles-Edmond-Alfred), à Caen (Calvados).
FREDHOLM (Eric-Ivar), à Djursholm (Suède).
BAIRE (René-Louis), à Lausanne (Suisse).

Section II. — *Mécanique* (10).

Messieurs :

Witz (Marie-Joseph-Aimé), à Lille.
Levi-Civita (Tullio), à Rome.
Schwoerer (Émile), ✻, à Colmar.
Sparre (le comte Magnus-Louis-Marie de), à Lyon.
Ariès (Louis-Marie-Joseph-Emmanuel), o. ✻, à Versailles.
Waddell (John Alexander Low), à Kansas City (Missouri).
Torres Quevedo (Leonardo), c. ✻, à Madrid.
Greenhill (Sir George), à Londres.
Andrade (Jules-Frédéric-Charles), à Besançon.
Camichel (Charles-Moïse), ✻, à Toulouse.

Section III. — *Astronomie* (10 + 1).

Stephan (Jean-Marie-Édouard), o. ✻, à Marseille.
Van de Sande Bakhuyzen (Hendricus Gerardus), c. ✻, à Leyde (Pays-Bas).
Turner (Herbert Hall), à Oxford.
Verschaffel (Aloys), à Abbadia (Basses-Pyrénées).
Lebeuf (Auguste-Victor), ✻, à Besançon.
Dyson (Sir Frank Watson), à Greenwich.
Gonnessiat (François), ✻, à Alger.
Campbell (William Wallace), à Mount Hamilton (Californie).
Fabry (Louis), à Marseille.
Fowler (Alfred), à Londres.
Brown (Ernest William), à New-Haven (Connectitut).

Section IV. — *Géographie et Navigation* (10).

Teffé (l'amiral baron Antonio Luiz de), à Petropolis (Brésil).
Nansen (Fridtjof), c. ✻, à Lysaker (Norvège).
Colin (Édouard-Élie), ✻, à Tananarive.
Hedin (Sven Anders), à Stockholm.
Hildebrand Hildebrandsson (Hugo), c. ✻, à Upsal.
Davis (William Morris), ✻, à Cambridge (Massachusetts).

Messieurs :

AMUNDSEN (Roald), G. O. ✻, à Kristiania.
TILHO (Jean-Auguste-Marie), O. ✻, à Paris.
LECOINTE (Georges), C. ✻, à Uccle (Belgique).
WATTS (Sir Philip), à Londres.

SECTION V. — *Physique générale* (10).

BLONDLOT (Prosper-René), O. ✻, à Nancy.
GUILLAUME (Charles-Édouard), O. ✻, à Sèvres.
ARRHENIUS (Svante August), G. O. ✻, à Stockholm.
MATHIAS (Émile-Ovide-Joseph), ✻, à Clermont-Ferrand.
DEWAR (Sir James), à Cambridge (Angleterre).
ONNES (Heike Kamerlingh), à Leyde (Pays-Bas).
WEISS (Pierre-Ernest), ✻, à Strasbourg.
RUTHERFORD (Sir Ernest), à Cambridge (Angleterre).
ZEEMAN (Pieter), à Amsterdam.
BRAGG (Sir William-Henry), à Londres.

SCIENCES PHYSIQUES.

SECTION VI. — *Chimie* (10).

FORCRAND DE COISELET (Hippolyte-Robert DE), O. ✻, à Montpellier.
GUNTZ (Antoine-Nicolas), ✻, à Nancy.
GRAEBE (Carl), à Francfort-sur-le-Main.
GRIGNARD (François-Auguste-Victor), O. ✻, à Lyon.
WALDEN (Paul), à Riga.
PATERNÒ DI SESSA (le marquis Emanuele), G. O. ✻, à Rome.
PERKIN (William Henry), à Oxford (Angleterre).
PICTET (Amé), ✻, à Genève.
RECOURA (Albert), ✻, à Grenoble.
SENDERENS (Jean-Baptiste), à Toulouse.

SECTION VII. — *Minéralogie* (10).

TSCHERMAK (Gustav), à Vienne (Autriche).
BRÖGGER (Waldemar Christofer), C. ✻, à Kristiania.

Messieurs :

HEIM (Albert), à Zurich.
GROSSOUVRE (Marie-Félix-Albert DURAND DE), O. ✻, à Bourges.
BECKE (Friedrich Johann Karl), à Vienne (Autriche).
FRIEDEL (Georges), O. ✻, à Graffenstaden (Bas-Rhin).
BIGOT (Alexandre-Pierre-Désiré), ✻, à Caen.
LUGEON (Maurice), O. ✻, à Lausanne.
N. . . . .
N. . . . .

SECTION VIII. — *Botanique* (10).

WARMING (Johannes Eugenius Bülow), à Copenhague.
ENGLER (Heinrich Gustav Adolf), à Dahlem, près de Berlin.
DE VRIES (Hugo), à Lunteren (Pays-Bas).
VUILLEMIN (Jean-Paul), à Malzéville (Meurthe-et-Moselle).
SAUVAGEAU (Camille-François), à Bordeaux.
CHODAT (Robert-Hippolyte), ✻, Palmella, Pinchat, près de Genève.
LECLERC DU SABLON (Albert-Mathieu), à Vénéjan (Gard).
MASSART (Jean), à Etterbeek-Bruxelles.
JUMELLE (Henri-Lucien), à Marseille.
N. . . . .

SECTION IX. — *Économie rurale* (10).

GAYON (Léonard-Ulysse), O. ✻, à Bordeaux.
WINOGRADSKI (Serge), à Pétrograd.
GODLEWSKI (Emil), à Pulawy (Pologne).
PERRONCITO (Eduardo), O. ✻, à Turin.
WAGNER (Paul), à Darmstadt.
IMBEAUX (Charles-Édouard-Augustin), O. ✻, à Nancy.
BALLAND (Joseph-Antoine-Félix), O. ✻, à Saint-Julien (Ain).
NEUMANN (Louis-Georges), O. ✻, à Saint-Jean-de-Luz (Basses-Pyrénées).
TRABUT (Louis), ✻, à Alger.
EFFRONT (Jean), à Bruxelles.

SECTION X. — *Anatomie et Zoologie* (10).

Messieurs :

SIMON (Eugène-Louis), ❋, à Paris.
LOEB (Jacques), à New-York.
RAMON CAJAL (Santiago), C. ❋, à Madrid.
BOULENGER (George-Albert), à Bruxelles.
BATAILLON (Jean-Eugène), O. ❋, à Clermont-Ferrand.
CUÉNOT (Lucien-Claude), ❋, à Nancy.
VAYSSIÈRE (Jean-Baptiste-Marie-Albert), ❋, à Marseille.
BRACHET (Albert-Toussaint-Joseph), ❋, à Bruxelles.
LAMEERE (Auguste-Alfred-Lucien-Gaston), à Saint-Gilles-lez-Bruxelles.
VIGUIER (Antoine-François-Camille), ❋, à Alger.

SECTION XI. — *Médecine et Chirurgie* (10).

CALMETTE (Léon-Charles-Albert), C. ❋, à Paris.
PAVLOV (Jean Petrovitch), à Pétrograd.
YERSIN (Alexandre-John-Émile), C. ❋, à Nha-Trang (Annam).
BERGONIÉ (Jean-Alban), C. ❋, à Bordeaux.
DEPAGE (Antoine), C. ❋, à Bruxelles.
BRUCE (Sir David), à Londres.
WRIGHT (Sir Almroth Edward), à Londres.
NICOLLE (Charles-Jules-Henri), O. ❋, à Tunis.
BORDET (Jules-Jean-Baptiste-Vincent), O. ❋, à Bruxelles.
N. . . . .

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 3 JANVIER 1923.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE BERTIN, PUIS DE M. ALBIN HALLER.

M. **Émile Bertin**, Président sortant, fait connaître à l'Académie l'état où se trouve l'impression des recueils qu'elle publie et les changements survenus parmi les Membres et les Correspondants pendant le cours de l'année 1922.

État de l'impression des recueils de l'Académie au 1er janvier 1923.

Comptes rendus des séances de l'Académie. — Le tome 169 (2e semestre de l'année 1919) est paru avec ses tables et a été mis en distribution.

Les tables du tome 170 (1er semestre 1920) sont imprimées.

Les numéros des 2e semestre de l'année 1920, 1er et 2e semestres de l'année 1921, 1er et 2e semestres de l'année 1922 ont été mis en distribution, chaque semaine, avec la régularité habituelle.

Mémoires de l'Académie. — Le tome LVII, 2e série, est paru et a été mis en distribution.

Procès-verbaux des séances de l'Académie des Sciences, tenues depuis la fondation de l'Institut jusqu'au mois d'août 1835.

Le tome X, années 1832-1835, est sous presse.

Annuaire de l'Académie. — L'Annuaire pour 1923 est paru et est mis en distribution au cours de cette séance.

Membres décédés depuis le 1er janvier 1922.

Section de Géométrie. — M. **Camille Jordan**, le 21 janvier.

Section de Géographie et Navigation. — M. **Louis Favé**, le 30 juillet.

Section de Physique générale. — M. **Edmond Bouty**, le 5 novembre.

Section de Chimie. — M. **Georges Lemoine**, le 13 novembre.

Section de Botanique. — M. **Gaston Bonnier**, le 30 décembre.

Section d'Anatomie et Zoologie. — M. **Louis Ranvier**, le 22 mars.

Section de Médecine et Chirurgie. — M. **Alphonse Laveran**, le 18 mai.

Associés étrangers. — M. **Giacomo Ciamician**, le 2 janvier, à Bologne, Italie; S. A. S. **Albert Ier**, prince souverain de Monaco, le 26 juin, à Paris.

Membres élus depuis le 1er janvier 1922.

Section de Géométrie. — M. **Henri Lebesgue**, le 29 mai, en remplacement de M. Camille Jordan, décédé.

Section de Géographie et Navigation. — M. **Gustave Ferrié**, le 6 février, en remplacement de M. Alfred Grandidier, décédé.

Section d'Anatomie et Zoologie. — M. **Charles Gravier**, le 19 juin, en remplacement de M. Louis Ranvier, décédé.

Section de Médecine et Chirurgie. — M. **Hyacinthe Vincent**, le 11 décembre, en remplacement de M. Alphonse Laveran, décédé.

Académiciens libres. — M. **Maurice d'Ocagne**, le 30 janvier, en remplacement de M. J. Carpentier, décédé.

Membres à remplacer.

Section de Géographie et Navigation. — M. **Louis Favé**, mort à Paris, le 30 juillet 1922.

Section de Physique générale. — M. **Edmond Bouty**, mort à Paris, le 5 novembre 1922.

Section de Chimie. — M. **Georges Lemoine**, mort à Paris, le 13 novembre 1922.

Section de Botanique. — M. **Gaston Bonnier**, mort à Paris, le 30 décembre 1922.

Associés étrangers. — M. **Simon Schwendener**, mort à Berlin, le 27 mai 1919; M. **Giacomo Ciamician**, mort à Bologne, le 2 janvier 1922; S. A. S. **Albert Ier**, prince souverain de Monaco, mort à Paris, le 26 juin 1922.

Correspondants décédés depuis le 1er janvier 1922.

Pour la Section d'Astronomie. — Sir **William Christie**, le 22 janvier, en mer; M. **Jacobus Cornelius Kapteyn**, le 18 juin, à Groningue, Pays-Bas.

Pour la Section de Physique générale. — M. **René Benoît**, le 5 mai, à Courbevoie, Seine.

Pour la Section de Chimie. — M. **Ph.-A. Guye**, le 27 mars, à Genève; M. **Ernest Solvay**, le 26 mai, à Bruxelles; M. **Philippe Barbier**, le 18 septembre, à Bandol-sur-Mer, Var.

Pour la Section de Minéralogie. — M. **Otto Lehmann**, le 17 juin, à Karlsruhe, Bade.

Pour la Section de Botanique. — M. **Battandier**, le 18 septembre, à Alger.

Pour la Section de Médecine et Chirurgie. — Sir **Patrick Manson**, le 9 avril, à Londres.

Correspondants élus depuis le 1er janvier 1922.

Pour la Section de Géométrie. — M. **Ivar Fredholm**, à Djursholm, Suède, le 27 février, en remplacement de M. Schwarz, décédé; M. **René Baire**, à Lausanne, le 8 avril, en remplacement de M. Max Nœther, décédé.

Pour la Section de Mécanique. — M. **Charles Camichel**, à Toulouse, le 20 novembre, en remplacement de M. Henry Parenty, décédé.

Pour la Section de Physique générale. — Sir **William Henry Bragg**, à Londres, le 4 décembre, en remplacement de M. René Benoît, décédé.

Pour la Section de Chimie. — M. **Amé Pictet**, à Genève, le 26 juin, en remplacement de M. Ph.-A. Guye, décédé; M. **Albert Recoura**, à Grenoble, le 3 juillet, en remplacement de M. Ernest Solvay, décédé;

M. J.-B. **Senderens**, à Toulouse, le 4 décembre, en remplacement de Philippe Barbier, décédé.

Pour la Section de Botanique. — M. **Henri Jumelle**, à Marseille, le 27 février, en remplacement de M. Boudier, décédé.

Correspondants à remplacer.

Pour la Section de Minéralogie. — M. **Œhlert**, mort à Laval, le 17 septembre 1920; M. **Otto Lehmann**, mort à Karlsruhe, Bade, le 17 juin 1922.

Pour la Section de Botanique. — M. **Battandier**, mort à Alger, le 18 septembre 1922.

Pour la Section de Médecine et Chirurgie. — Sir **Patrick Manson**, mort à Londres, le 9 avril 1922.

Pour les Sections qui seront désignées par l'Académie (Décision du 13 mars 1922). — Les Correspondants suivants pour la Section d'Astronomie : M. **George Ellery Hale**, élu associé étranger le 10 mars 1919; Sir **Norman Lockyer**, mort à Salcombe Regis, Sidmouth, Angleterre, le 16 août 1920; M. **Gaillot**, mort à Chartres, le 4 juin 1921; Sir **William Christie**, mort en mer le 22 janvier 1922; M. **Jacobus Cornelius Kapteyn**, mort à Groningue, Pays-Bas, le 18 juin 1922.

En prenant possession du fauteuil de la présidence, M. **Albin Haller** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Au moment de prendre possession du fauteuil de la Présidence, je tiens à vous exprimer à nouveau toute ma gratitude pour le témoignage d'estime que vous m'avez accordé l'année dernière en me portant à la Vice-Présidence. Vos suffrages me valent aujourd'hui le grand honneur de diriger vos débats au cours de l'année qui vient d'éclore.

Vous pouvez être assurés que j'apporterai dans mes fonctions le dévouement qui y est traditionnellement attaché. Je suis sûr d'ailleurs de trouver auprès de nos sympathiques secrétaires perpétuels le concours toujours éclairé et bienveillant que nécessitera l'accomplissement de ma tâche.

Tout à l'heure, M. Bertin, en me cédant son fauteuil, exprimait le souhait que ma Présidence fût marquée par des séances publiques moins troublées et plus silencieuses.

Souffrez que je m'associe à ce vœu qui, à force d'être périodiquement renouvelé, est devenu, pour ainsi dire, protocolaire.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Après le dépouillement de la Correspondance, M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes Chers Confrères,

Aux deuils successifs dont l'Académie a été frappée au cours de l'année finissante, j'ai le vif regret d'ajouter celui que nous cause la mort de M. **Gaston Bonnier**, membre de la Section de Botanique. Ainsi, le premier devoir qui incombe à votre nouveau Président, est de rendre un juste hommage à un confrère trop tôt disparu.

Ancien élève de l'École Normale supérieure, M. Bonnier y fut de bonne heure attaché comme agrégé préparateur, puis comme maître de conférences, fonctions qui le conduisirent, à l'âge de 32 ans, à la chaire de Botanique de la Sorbonne.

Il débuta dans la science par un travail de longue haleine, très remarqué, sur l'anatomie et la physiologie des nectaires. Lauréat de l'Académie pour ce travail, il le fut encore pour ses recherches sur la synthèse des lichens. Grâce aux ingénieuses dispositions qu'il sut réaliser, il parvint à obtenir des lichens complets, fructifiés, en cultivant dans un milieu privé de germes un mélange de spores pures et d'algues ne provenant pas immédiatement d'une association lichénique.

Ces travaux furent suivis d'une série de notes, publiées en collaboration avec son maître Van Tieghem, sur les échanges gazeux que présentent les graines, les tubercules et les bulbes conservés à l'air libre, dans l'air confiné, dans l'acide carbonique pur; les résultats conduisirent les auteurs à substituer à la notion de vie latente celle de vie ralentie.

C'est encore en collaboration, et cette fois avec notre confrère M. Mangin, que M. Bonnier a poursuivi de captivantes recherches sur la respiration des champignons, des tissus dépourvus de chlorophylle, des tissus verts à l'obscurité; pour la première fois fut étudiée l'assimilation chlorophyllienne en la séparant du phénomène respiratoire.

Une autre partie de son œuvre, et non la moins importante, a eu pour but de réaliser des cultures comparatives à des altitudes diverses, et aussi d'exposer des végétaux à l'influence de la lumière électrique continue et discontinue. Fractionnant une série de plantes en plusieurs pieds identiques,

chacun de ces pieds fut cultivé dans un terrain de composition semblable, dans diverses stations des Alpes et des Pyrénées comprises entre 50m et 2400m au-dessus du niveau de la mer. Les cultures ont porté sur 165 espèces différentes et ont abouti à des constatations du plus haut intérêt.

Des recherches plus récentes ont enfin été effectuées sur le développement de l'appareil vasculaire dans les végétaux supérieurs, et sur les caractères acquis par les végétaux sous l'influence du climat méditerranéen.

A cette œuvre personnelle et originale, qui rendra son nom impérissable, M. Bonnier a ajouté diverses œuvres didactiques, comme son Cours de Botanique publié en collaboration avec M. Leclerc du Sablon, sa Flore complète (illustrée en couleurs) de France, de Suisse et de Belgique, une nouvelle Flore des environs de Paris, etc.

Rappelons aussi qu'on lui doit la création de la *Revue générale de Botanique* et du laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau.

Fervent du laboratoire, il partagea son temps entre cette institution et son service de la Sorbonne, y suscita des recherches multiples, s'entoura de disciples et fit école. Aussi sa disparition laissera-t-elle un grand vide dans le milieu des naturalistes français et aussi parmi ses élèves qui appréciaient chez leur maître autant la bonté que le haut savoir.

CHIMIE. — *Sur les alcoolates thalleux.* Note [1] de M. **R. de Forcrand.**

L'étude chimique du thallium est encore bien incomplète, ce qui tient sansdoute à l'imperfection des méthodes de dosage, et peut-être aussi à la difficulté de se procurer une quantité notable de ce métal pur.

On en sait cependant assez pour que beaucoup de ses propriétés nous apparaissent comme paradoxales. On dit communément que physiquement il ressemble au plomb, tandis que ses caractères chimiques en font un métal alcalin. Nous verrons cependant que même au point de vue chimique il fonctionne tantôt comme le potassium, tantôt comme un métal lourd.

Ayant en mains un bel échantillon, de près de 1kg, de thallium pur, j'ai entrepris quelques recherches dans cette voie.

J'ai commencé par l'étude de ces singuliers composés que, dans ses beaux Mémoires de 1863 et 1864 [2], Lamy avait nommés : alcool éthylthallique,

---

(1) Séance du 26 décembre 1922.

(2) *Ann. Chim. Phys.*, 3e série, t. 67, p. 395, et 4e série, t. 3, p. 373.

amylthallique, méthylthallique, dénominations fâcheuses d'ailleurs, car en réalité il s'agit d'éthylate, d'amylate et de mélhylate thalleux, du type : R — OTl.

Ainsi que l'avait très bien remarqué Lamy, le thallium ne réagit pas sur les alcools purs, pas plus d'ailleurs qu'il ne réagit sur l'eau pure. On peut le conserver indéfiniment avec son éclat dans l'eau ou dans un alcool quelconque. Il n'est pas assez électropositif pour se substituer à l'hydrogène de leur oxydrile, et par là s'écarte nettement des métaux alcalins.

Lorsqu'il s'agit d'obtenir des alcoolates, le mieux est encore de préparer d'abord l'éthylate thalleux en laissant (sous cloche) des copeaux de thallium en présence de vapeurs d'alcool éthylique anhydre, et introduisant dans la cloche l'air ou l'oxygène nécessaire à la réaction, qui est la suivante :

$$2(CH^3 - CH^2 - OH) + Tl^2 + O = H^2O + 2(CH^3 - CH^2 - OTl)$$

tout à fait comparable à celle qui se produit lorsque le thallium se trouve dans de l'eau *aérée;* il disparaît alors peu à peu, tandis que l'eau contient la base : H — OTl, qui est soluble.

Avec l'alcool éthylique le métal disparaît aussi peu à peu, mais en donnant ce singulier éthylate thalleux dont Lamy a si bien étudié les principales propriétés.

C'est un *liquide* huileux très dense ($D = 3,55$).

Tout à fait différent comme aspect est le méthylate thalleux, que j'ai obtenu, suivant encore les indications de Lamy, en ajoutant, à froid, l'éthylate thalleux liquide à de l'alcool méthylique anhydre en excès (4^{mol} ou 5^{mol} pour 1^{mol} d'éthylate). Il se précipite immédiatement une poudre blanche, microcristalline, qu'on sépare du liquide excédant par une plaque poreuse sous cloche sulfurique. L'analyse de ce corps *solide* correspond bien à la formule $CH^3 - OTl$.

J'ai cherché alors à obtenir un certain nombre de composés analogues, mais en choisissant comme combinaisons oxhydrilées des corps un peu plus acides que les homologues du méthanol. Je me suis adressé au glycol, à la glycérine, au phénol ordinaire, à l'acide acétique, et, comme termes extrêmes, j'ai pris l'eau et l'acide sulfurique.

Tous ces composés s'obtiennent avec la plus grande facilité en prenant comme point de départ l'éthylate thalleux liquide de Lamy.

L'hydrate thalleux : H — OTl, bien qu'assez soluble dans l'eau, se prépare en ajoutant à l'éthylate thalleux son volume d'eau, à froid, ce qui

correspond sensiblement à $4H^2O$ pour $C^2H^5 - OTl$. Il se précipite un beau corps jaune.

Pour le glycolate monothalleux : $C^2H^4(OH)OTl$, il n'est plus nécessaire d'employer le glycol en excès; les deux corps : glycol et éthylate thalleux, mélangés à molécules égales, donnent presque immédiatement un précipité d'un beau jaune éclatant, avec des reflets un peu verdâtres, dont l'aspect rappelle tout à fait le nitrate d'uranyle déshydraté.

Le glycérinate monothalleux $C^3H^5(OH)^2OTl$ se prépare encore de la même manière; il a la même couleur, mais un peu atténuée et grisâtre. C'est aussi un corps solide.

Ces trois composés, bien que colorés en jaune, se dissolvent dans l'eau en donnant une liqueur incolore.

Le phénol étant solide, il vaut mieux, pour préparer le phénate :

$$C^6H^5 - OTl,$$

dissoudre séparément le phénol et l'éthylate thalleux dans l'éther anhydre, et mélanger à froid les deux liqueurs. Le phénate, insoluble dans l'éther, se précipite immédiatement en formant une poudre blanche, microcristalline, qui a un peu l'aspect du méthylate.

Quant à l'acétate et au sulfate neutre thalleux, les moyens de les obtenir ne manquent pas. Cependant pour l'acétate thalleux j'ai trouvé avantage à partir encore de l'éthylate thalleux dissous dans l'éther anhydre et à y ajouter une quantité équivalente d'acide acétique. Le précipité qui se forme immédiatement est l'acétate thalleux; il a le même aspect que le phénate.

Pour obtenir le sulfate pur, le moyen le plus recommandable est la dissolution de l'hydrate $H - OTl$ dans l'acide sulfurique étendu. Il ne faut pas compter sur l'attaque du métal par cet acide, car il ne donne aucun dégagement d'hydrogène lorsqu'il est pur. Cependant Thomsen a mesuré la quantité de chaleur dégagée par la dissolution du thallium dans un acide de composition : $SO^4H^2 + 50H^2O$, et j'ai vérifié d'ailleurs que l'attaque se produit avec certains échantillons de thallium impur. On peut, il est vrai, provoquer la réaction en touchant le métal avec un fil de platine, mais encore le dégagement d'hydrogène est-il très lent dans ces conditions, beaucoup plus lent qu'avec le zinc pur.

Cependant, lorsqu'il est à l'état d'hydrate dissous dans l'eau, le thallium se combine avec tous les acides, même les plus faibles, même avec les alcools.

Ainsi il est à peine assez électropositif pour chasser l'hydrogène de l'oxhydrile des acides les plus forts, et sa base est la plus forte de celles que nous connaissons.

L'histoire du thallium est remplie de ces oppositions.

Pour préciser quelques-uns de ces faits singuliers, j'ai procédé à l'étude thermochimique comparée de la série des combinaisons thalleuses dont j'ai donné la liste plus haut :

$$H - OTl, \quad CH^3 - OTl, \quad C^2H^5 - OTl,$$
$$C^2H^4(OH)OTl, \quad C^3H^5(OH)^2OTl,$$
$$C^6H^5 - OTl, \quad CH^3 - COOTl, \quad SO^4Tl^2.$$

J'en ferai connaître prochainement les principaux résultats.

BOTANIQUE. — *Classification des Monocotylédones.* Note (1) de M. **Paul Vuillemin.**

La classification des Monocotylédones, comme celle des Dicotylédones, que j'ai résumée jadis (2), repose essentiellement sur la morphologie de la fleur, ou plus exactement de la gonelle, dont la fleur est la forme supérieure caractérisée par la corolle. Les données fournies par l'appareil végétatif concordent avec celles que l'on tire de la gonelle.

L'appareil reproducteur des Monocotylédones offre les divers degrés de différenciation évolutive signalés chez les Dicotylédones, amphigonelle, acrogonelle, anthogonelle ou fleur.

La disposition cyclique des appendices n'est pas manifeste chez les Amphigones; elle apparaît d'abord dans l'agencement des phyllomes empruntés à l'appareil végétatif et continuant à suivre dans la gonelle les règles phyllotaxiques; puis elle s'étend aux parties essentielles de l'appareil reproducteur.

Elle atteint sa perfection chez les Anthogones avec la formule tricyclique S, PE, C, tandis que les Dicotylédones supérieures sont tétracycliques selon la formule S, P, E, C. Traduisons ce langage chiffré en disant que les Dicotylédones ont fait un pas de plus en dégageant le pétale du pétalostème et en consacrant un nouveau cycle à l'androcée. La division du travail est plus avancée que chez les Monocotylédones fixées au stade

(1) Séance du 26 décembre 1922.

(2) *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 449, 477, 510.

de pétalostème. La formule des Liliacées, Amaryllidacées, etc., PE, PE, C, est une modification de la formule tricyclique. La tératologie démontre que l'étamine et le pétale sont congénères dans chaque verticille de pétalostèmes dont le premier a évincé le calice. Un seul cycle de pétalostèmes suffit, par des partitions multiples, à donner à la fleur des Marantacées une somptuosité incomparable.

Le défaut de fixité dans le nombre et même la constitution des cycles sont considérés, à juste titre, comme un signe d'infériorité. Un tel dérèglement du type floral dépend moins de l'affinité que du degré d'évolution. Les fleurs mal définies se rencontrent dans des ordres distants les uns des autres; mais quand dans un ordre, une famille, elles coexistent avec des fleurs plus parfaites, elles occupent le rang inférieur de la série.

Bien que l'absence de pétalostèmes ne soit pas en elle-même un signe d'infériorité (les Dicotylédones en font foi), leur disparition précoce concorde chez les Monocotylédones avec l'imperfection de la disposition cyclique. Cette coïncidence est fréquente chez les Hydrocharidacées, les Alismacées, les Commélinacées, où le nombre des cycles est indéfini, chez les Xyridacées, les Restiacées, les Hémodoracées, où leur alternance peut souffrir des lacunes.

On ne confondra pas avec ces signes d'imperfection l'écartement exagéré des lames de clivage des pétalostèmes séparées par le verticille suivant d'étamines. Chez le *Triglochin palustre* qui, malgré ses pétales scarieux, appartient à une tribu d'Alismacées toute proche des Alismées, chez quelques Commélinacées, chez les *Wachendorfia* et les *Anigosanthes* parmi les Hémodoracées, les étamines épisépales apparaissent après les épipétales. Cette position insolite, dont l'interprétation est simple d'après la théorie des pétalostèmes, avait été attribuée arbitrairement, soit à l'avortement d'un cycle intermédiaire, soit à un déplacement inexpliqué, soit à une formation adventive.

Nous trouvons donc une gradation dans les modifications du type floral. Ces données négligées éclairent l'enchaînement des familles.

Les Monocotylédones forment une classe détachée des Dicotylédones vers la fin de l'ère secondaire. Leur prototype est inconnu; la flore crétacée fournit déjà des spécimens de plusieurs ordres parmi lesquels il n'est pas possible de discerner les caractères initiaux du tronc dont ils ont divergé.

En combinant les documents fournis par les flores fossiles et vivantes, je distingue six ordres : I. Hélobiées; II. Spadicinées; III. Enantioblastées; IV. Palmiers; V. Joncinées; VI. Smilacinées.

Monocotylédones.

Amphigones. Ordres.	Amphigones. Familles.	Acrogones. Ordres.	Acrogones. Familles.	Acrogones. *Tribus.*	Anthogones. Familles et *tribus.*	
II.	Lemnacées					
	Typhacées					
	Aracées					
	Pandanacées					
		IV.	Palmiers			
				Astéliées		
				Dioscorées		
						Marantacées
					Broméliacées.....	Zingibéracées
		VI.	Smilacacées....	....		Musacées
					Hémodoracées....	Iridacées
						Amaryllidacées
				Smilacées		
				Dracœnées ..	*Asparagées*	*Convallariées*
				Paridées		
			(Colchicacées)	*Vératrées* ...	Colchicacées	*Colchicées*
		V.	Joncacées..................		Liliacées..........	*Liliées*
						Philydrées
			Cypéracées			
			Graminées			
						Maïacées
					Restiacées........	*Flagellariées*
						Restiées
III.	Centrolépidacées					*Eriocaulées*
					Xyridacées	
					Commélinacées	
						Triglochinées
					Alismacées.......	*Alismées*
						Butomées
I.	Naïadacées..				Hydrocharidacées	
					Burmanniacées	
					Orchidacées......	*Apostasiées*
						Orchidées

Dans le tableau ci-dessus, les ordres sont indiqués en chiffres romains répondant à l'énumération donnée dans le texte; les numéros impairs se suivent de bas en haut, les pairs de haut en bas. Le dernier représente le tronc d'où les précédents se détachent plus ou moins loin du sommet. Les Smilacinées aboutissent à une cime puissante d'Anthogones partant d'Acrogones représentées déjà dans le Crétacé; il n'est pas douteux qu'elles étaient formées d'Amphigones à l'époque où s'en sont détachées les Hélobiées, les Spadicinées, les Énantioblastées. Le défaut de fixité du pistil

nous enseigne que les Smilacinées continuent la souche polymorphe d'où divergent les ordres mieux circonscrits dont les caractères sont plus tranchés, plus fixes, partant moins perfectibles.

Les Hélobiées sont exalbuminées et apocarpes. Une forme spéciale d'amphigonelle, le spadice, est propre aux Spadicinées. Les Énantioblastées ont l'ovule droit et l'albumen presque toujours amylacé. Les Palmiers, déjà reconnaissables à leur port, ont le fruit charnu, généralement apocarpe. Les Joncinées, dont le port est tout autre, ont le fruit sec.

Les noms des familles et des *tribus* notables (en *italiques*) sont disposés de façon à faire ressortir le degré de parenté directe ou collatérale.

M. E. **Roux** fait hommage à l'Académie du Tome premier : *Dissymétrie moléculaire*, et du Tome second : *Fermentations et génération dites spontanées*, des Œuvres de **Pasteur**, réunies par M. Pasteur Vallery-Radot.

M. J. A. L. **Waddell** fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée : *Two addresses to the engineering stredents of the University of Barcelona*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** donne lecture de la dépêche suivante :

L'Académie des Sciences de Lisbonne, réunie en séance extraordinaire en présence du Ministre de France, qu'elle compte parmi ses Membres, exprime à l'Académie des Sciences de France sa sympathie confraternelle pour le centenaire de l'immortel Pasteur, qui a enrichi le patrimoine scientifique de l'humanité.

Le Secrétaire général,
Christovao Ayres.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° J. Rouch. *Manuel d'océanograhie physique*. (Présenté par M. L. Joubin.)

2° *Les Termites*, partie générale : *Description — Distribution géographique*

— *Classification* — *Biologie* — *Vie sociale* — *Alimentation* — *Constructions* — *Rapports avec le monde intérieur*, par E. Hegh. (Présenté par M. E. Bouvier.)

M. **Paul Le Cointe** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les courbes de Bertrand et sur les transformations involutives permutables.* Note (¹) de M. **Bertrand Gambier**, présentée par M. G. Kœnigs.

1. En 1879 M. Bianchi a indiqué de belles transformations, devenues classiques, portant sur les *surfaces à courbure totale constante*. A la même époque Sophus Lie, aux Tomes 4 et 5 des *Archiv for Mathematik og Naturvidenskab*, indiquait une autre transformation et signalait, comme conséquence des résultats de M. Bianchi et des siens, une transformation relative aux *courbes à torsion constante*.

En 1908, aux *Rendiconti di Palermo*, M. Bianchi retrouve cette transformation des courbes à torsion constante comme cas particulier de la *transformation asymptotique d'une courbe quelconque;* M. Bianchi étudie ensuite la *transformation normale d'un ecourbe quelconque* et trouve, comme cas particulier, une transformation spéciale aux *courbes à courbure constante*. La transformation asymptotique de M. Bianchi conduit à certains résultats élégants déjà signalés par M. Kœnigs (²). La même année que M. Bianchi, et indépendamment de lui, Darboux (³) traite un problème tout différent relatif aux courbes gauches et à la déformation des surfaces réglées, et retrouve les résultats relatifs à la transformation normale; il signale les propriétés exceptionnelles présentées par les *courbes de Bertrand*.

2. On peut faire une addition importante et complètement neuve à tous ces résultats géométriques. Soit une courbe de Bertrand C, dont je suppose, par une homothétie convenable, la relation entre R et T ramenée à la forme

$$\frac{\sin\omega}{R} - \frac{\cos\omega}{T} = 1.$$

(¹) Séance du 26 décembre 1922.

(²) *Comptes rendus*, t. 106, 1888, p. 51, et *American Journal of Mathematics*, vol. 19, 1897.

(³) *Mémoires de l'Académie des Sciences*, t. 50, 1908.

On sait que la courbe de Bertrand C' associée à C s'obtient en portant sur la normale principale de C en M une longueur MM' constante égale à $\sin\omega$; les plans osculateurs en M et M' se croisent le long de MM' sous l'angle constant ω; α étant un angle constant quelconque, considérons le cercle de centre M, de rayon constant $\cos\alpha$, tracé dans le plan osculateur en M' à C'; ce cercle engendre une surface cerclée S contenant ∞^1 courbes de Bertrand C_1 satisfaisant à la même relation caractéristique que C; la courbe de Bertrand C'_1 associée à C_1 est sur la surface cerclée déduite de C' avec la même valeur de α. L'angle des plans osculateurs à C et à C_1, aux points M et M_1, est constant, égal à $\frac{\pi}{2} - \alpha$. Quand C est donnée, les courbes C_1 s'obtiennent par une équation de Riccati; la relation entre C et C_1 est complètement réciproque. Je pourrai dire que C_1 est une transformée de C sous l'angle α, ou, pour abréger l'écriture, que C_1 est une courbe αC. Connaissant une première courbe C et *une* transformée $C_1 = \alpha C$, on peut faire correspondre une à une les transformées $\bar{\alpha} C$ et $\bar{\alpha} C_1$, où $\bar{\alpha}$ est un nouvel angle distinct de α; $\overline{M}_1$ étant le point qui décrit la courbe $\bar{\alpha} C$, il suffit de compléter le parallélogramme gauche dont un sommet est M, les deux sommets contigus étant M_1 et $\overline{M}_1$, le dièdre MM_1 étant égal à $\frac{\pi}{2} - \alpha$ et le dièdre $M\overline{M}_1$ à $\frac{\pi}{2} - \bar{\alpha}$; le quatrième sommet $\overline{M}$ du parallélogramme gauche décrit une courbe de Bertrand $\overline{C}$ que l'on peut regarder comme une courbe $\bar{\alpha} C_1$ ou $\bar{\alpha}\alpha C$ correspondant d'une façon algébrique et univoque à la courbe $\overline{C}_1$ ou $\bar{\alpha} C$, ce qui démontre la propriété énoncée; mais on peut encore regarder $\overline{C}$ comme une courbe $\alpha \overline{C}_1$ ou $\alpha\bar{\alpha} C$, ce qui démontre la *permutabilité* des transformations α et $\bar{\alpha}$ appliquées successivement à une même courbe C. On remarque que les quatre courbes de Bertrand respectivement associées C', C'_1, $\overline{C}'_1$ et $\overline{C}'$ sont dans les mêmes relations mutuelles que C, C_1, $\overline{C}_1$ et $\overline{C}$. On peut aussi remarquer que l'une des transformées de C sous l'angle $\omega - \frac{\pi}{2}$ est précisément C'.

Si l'on suppose $\omega = \frac{\pi}{2}$, la courbe C est à rayon de courbure constant égal à l'unité et les cercles considérés sont décrits dans le plan normal à C au point M : on retrouve le cas de transformation *normale* étudié par M. Bianchi et par Darboux. Si l'on suppose $\omega = 0$, la courbe C est à rayon de torsion constant égal à l'unité, la courbe C' se confond avec C et l'on retrouve le cas de transformation *asymptotique* étudié par M. Bianchi et

par Sophus Lie. Les courbes de Bertrand réalisent le pont entre ces transformations.

Nous allons rendre intuitifs les systèmes de Möbius dénommés $(2^n)_{n+1}$ considérés par M. Bianchi en présentant sous un jour nouveau les résultats si importants découverts par l'illustre géomètre italien sur les transformations involutives et permutables, et ceci dépasse de beaucoup en portée l'exemple particulier traité ici.

3. Soit un être mathématique E pouvant être, pour chaque valeur du paramètre α_1, transformé en un nombre fini ou infini d'autres êtres dont je considère l'un, soit α_1E. Supposons la transformation *involutive*, c'est-à-dire que la transformation α_1, avec la même valeur du paramètre, appliquée à α_1E, donne en particulier E. Supposons ensuite le nouvel être considéré α_1E transformé avec la valeur nouvelle α_2 et soit $\alpha_2\alpha_1$E *un* des êtres ainsi obtenus par la composition des deux opérations α_1, α_2. Supposons la transformation *permutable*, c'est-à-dire qu'aux trois êtres E, α_1E, $\alpha_2\alpha_1$E on puisse associer un nouvel être *unique* dérivé de E par la transformation α_2, soit donc α_2E et tel que la transformation α_1 appliquée à α_2E donne en particulier l'être $\alpha_2\alpha_1$E déjà obtenu, que nous pourrons donc appeler aussi $\alpha_1\alpha_2$E.

Cela posé, soient α_1, α_2, ..., α_n, n valeurs données du paramètre; déterminons d'abord *un* α_1 E, puis *un* $\alpha_2\alpha_1$ E, et ainsi de suite de façon à obtenir finalement *un* $\alpha_n\alpha_{n-1}$, ..., α_1 E; imaginons maintenant n vecteurs d'orientation déterminée, mais différente de l'un à l'autre, de longueur $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_n$ respectivement par exemple, que nous composerons dans cet ordre; le premier sommet figurera E dans cette chaîne de vecteurs, le second figurera α_1E, le troisième $\alpha_2\alpha_1$E, ..., et le dernier sommet $\alpha_n\alpha_{n+1}$, ..., α_1E; il s'agit ici uniquement *d'analysis situs*. Or il est bien clair que l'on pourra permuter deux opérations successives, et par suite permuter à volonté les n opérations, ce qui revient à faire la composition représentative dans un ordre arbitraire. La configuration vectorielle ainsi obtenue possède 2^n sommets; un sommet quelconque correspond à un être mathématique *unique* $\mathcal{E}$, les n sommets contigus à des êtres $\alpha_1\mathcal{E}$, $\alpha_2\mathcal{E}$, ..., $\alpha_n\mathcal{E}$ et une chaîne de n vecteurs d'orientation différente obtenue à partir de $\mathcal{E}$ donne un être unique $\alpha_n\alpha_{n-1}$, ..., $\alpha_1\mathcal{E}$.

En appliquant ceci à notre exemple, nous retrouvons une configuration $(2^n)_{n+1}$ de Möbius, de forme variable, telle que chaque sommet est dans un même plan avec les n sommets voisins, les distances de ce sommet aux sommets contigus restant constantes.

Ces considérations s'appliquent aux surfaces à courbure totale constante, aux surfaces minima, à la déformation infiniment petite, etc.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur la probabilité* a posteriori. Note (¹) de M. **Stanislas Millot**, présentée par M. d'Ocagne.

I. Il est admis que si l'on fait un grand nombre m d'épreuves, dans chacune desquelles la probabilité d'arrivée d'un événement A est p, il y aura, assez exactement, une probabilité

(1) $$P = \Theta(t) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^t e^{-t^2}\,dt$$

que l'écart constaté, sur p, ne dépassera pas, en valeur absolue,

(2) $$l = t\sqrt{\frac{2p(1-p)}{m}}.$$

II. Mais p peut être l'inconnue du problème.

Ayant fait m épreuves et observé r fois l'événement A, on se fixe un degré de certitude P, ce qui revient à se donner t, et l'on cherche à évaluer p.

On prend habituellement le rapport $\frac{r}{m}$ comme valeur approximative de p et, ayant remplacé p par $\frac{r}{m}$ dans la formule (2), on suppose que la valeur réelle de p sera comprise entre

(3) $$\frac{r}{m} - t\sqrt{\frac{2r(m-r)}{m^3}}$$

et

(4) $$\frac{r}{m} + t\sqrt{\frac{2r(m-r)}{m^3}}.$$

III. Cette pratique n'est pas en complet accord avec les principes admis pour la probabilité *a priori*.

Il serait cependant facile de réaliser cet accord.

Soient z une valeur hypothétique de p et l l'écart correspondant donné par la formule (2).

(¹) Séance du 26 décembre 1922.

Pour que z soit acceptable, il faut qu'on ait

$$z - l \leq \frac{r}{m} < z + l.$$

Les valeurs limites de z s'obtiendront donc en posant

$$z_1 + l_1 = \frac{r}{m},$$

$$z_2 - l_2 = \frac{r}{m}.$$

Après avoir remplacé les l par leurs valeurs algébriques, données par (2), on constate que les limites de z sont les racines d'une équation du second degré et que l'on a pour ces limites

$$(5) \qquad z = \frac{r + t^2}{m + 2t^2} \pm \frac{t}{m + 2t^2}\sqrt{t^2 + 2r\left(1 - \frac{r}{m}\right)}.$$

IV. Supposons 400 épreuves faites avec 0,06 comme valeur réelle de p. Si l'on prend $t = 3$, l'écart sur p peut atteindre 0,05 en valeur absolue. Il est donc normal de voir survenir huit fois l'événement A en 400 épreuves et de trouver pour $\frac{r}{m}$ la valeur 0,02. Dans ce cas, les expressions (3) et (4) donneront comme limites $-0,01$ et $+0,05$; la première est inacceptable, parce qu'elle est négative, et la deuxième n'est pas acceptable non plus, car elle contredit notre hypothèse première d'une probabilité réelle p égale à 0,06. La formule (5) donnerait les limites positives 0,005 et 0,076, entièrement satisfaisantes.

Si, d'une manière plus générale, on compare la formule (5) aux expressions (3) et (4), on constate :

1° Que le calcul de la première n'est guère plus compliqué que celui des autres;

2° Que la formule (5), déduite directement de la probabilité *a priori*, ne peut donner lieu aux mêmes anomalies que la méthode usuelle;

3° Que lorsque l'on augmente t indéfiniment, pour parvenir à la certitude absolue, la formule (5) donne les limites 0 et 1, conformes à l'idée que l'on doit se faire de la probabilité, tandis que les expressions (3) et (4) tendent vers $-\infty$ et $+\infty$.

V. Il est inutile d'enregistrer les résultats des diverses épreuves faites, car l'étude de séries partielles peut souvent, mais dans une mesure variable

selon les cas, permettre de diminuer l'incertitude sur la valeur réelle de la probabilité p.

A chaque série, de même qu'à l'ensemble, correspond pour p un intervalle dont on détermine les limites par la formule (5).

La probabilité p se trouve évidemment dans la partie commune à tous les intervalles ainsi obtenus.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Étude de certains problèmes de théorie cinétique, dans l'hypothèse où la force intermoléculaire est une fonction quelconque de la distance.* Note [1] de M. **J. Haag**, présentée par M. Émile Borel.

L'étude mathématique de la viscosité, des conductibilités calorifique et électrique et de la diffusion a été faite par divers savants, en supposant l'action intermoléculaire inversement proportionnelle à une puissance de la distance. Il est naturel de chercher à s'affranchir de cette hypothèse particulière, en considérant le cas plus général où la force intermoléculaire est une fonction quelconque de la distance. Je vais essayer, par exemple, d'étendre la méthode de Boltzmann, reprise par Jeans dans *The dynamical theory of gases* (Chap. VIII), en me limitant au cas, considéré par ce dernier auteur, où *l'un des gaz est infiniment léger et infiniment raréfié par rapport à l'autre.*

Soit $m_1 m_2 f(r)$ la fonction potentielle, supposée décroissante et nulle pour r infini. Si u, v, w et u', v', w' sont les composantes des vitesses avant le choc et si l'on représente par des lettres barrées les mêmes quantités après le choc, on a

$$\bar{u} = u + \frac{m_2}{m_1 + m_2}\left[2(u'_1 - u)\cos^2\frac{\theta}{2} - \alpha V \sin\theta\right]; \tag{1}$$

$$\theta = 2\int_0^z \frac{dy}{\sqrt{1 - y^2 - \frac{2(m_1+m_2)}{V^2} f\left(\frac{p}{y}\right)}}, \tag{2}$$

z étant la racine de la quantité sous le radical; en outre, p désigne la distance M_1P de la molécule M_1 à la droite décrite par M_2, avant le choc, dans son mouvement par rapport à M_1; V est la vitesse de ce mouvement; enfin, α, β, γ sont les cosinus directeurs de la demi-droite M_1P. Si a_1, b_1, c_1 et a_2, b_2, c_2 sont les cosinus directeurs de deux demi-droites formant un

[1] Séance du 26 décembre 1922.

trièdre trirectangle avec V, on a

$$(3)\qquad \alpha = a_1 \cos\varepsilon + a_2 \sin\varepsilon, \qquad \beta = b_1 \cos\varepsilon + b_2 \sin\varepsilon, \qquad \gamma = c_1 \cos\varepsilon + c_2 \sin\varepsilon.$$

Cela posé, nous devons évaluer l'intégrale (cf. JEANS, *loc. cit.*)

$$\mathrm{I} = \int\int (\overline{\Phi} - \Phi)\, c\, d\sigma,$$

$d\sigma$ désignant l'élément d'aire du plan perpendiculaire à V, Φ une certaine fonction de u, v, w et c la vitesse $\sqrt{u^2 + v^2 + w^2}$.

Prenons d'abord $\Phi = u\varphi(c)$. On a, en se servant des formules (1), simplifiées par l'hypothèse que m_1, u', v', w' sont nuls,

$$\overline{\Phi} - \Phi = -2u\,\varphi(c)\cos^2\frac{\theta}{2} - \alpha c\,\varphi(c)\sin\theta.$$

Dans l'intégrale I, le deuxième terme ne donne évidemment rien, comme on le voit en prenant deux éléments $d\sigma$ symétriques par rapport à M_1. Quant au premier, on l'intègre d'abord entre les circonférences de rayons p et $p + dp$, puis de $p = 0$ à $p = \infty$; on trouve ainsi

$$(4)\qquad \mathrm{I} = -4\pi c \mathrm{I}_1 \Phi,$$

en posant

$$(5)\qquad \mathrm{I}_1 = \int_0^\infty \cos^2\frac{\theta}{2}\, p\, dp.$$

De même, si l'on prend $\Phi = \left(u^2 - \frac{c^2}{3}\right)\varphi(c)$, on a

$$\overline{\Phi} - \Phi = \varphi(c)\left[-u^2\sin^2\theta + \alpha^2 c^2 \sin^2\theta + \alpha c u \sin 2\theta\right].$$

Le troisième terme ne donne rien dans I; le premier donne $-2\pi c\varphi(c)u^2\mathrm{I}_2$, en posant

$$(6)\qquad \mathrm{I}_2 = \int_0^\infty \sin^2\theta\, p\, dp.$$

Quant au deuxième, on l'intègre d'abord dans la couronne $(p, p + dp)$, ce qui se fait par la formule

$$\int_0^{2\pi} (a_1\cos\varepsilon + a_2\sin\varepsilon)^2\, d\varepsilon = \pi(a_1^2 + a_2^2) = \pi\left(1 - \frac{u^2}{c^2}\right).$$

On intègre ensuite par rapport à p et l'on a finalement

$$(7)\qquad \mathrm{I} = -3\pi c \mathrm{I}_2 \Phi.$$

Si l'on continue à suivre la méthode de M. Jeans, on aboutit aux résultats suivants. Posons $hmc^2 = x$; puis

$$(8)\quad \begin{cases} H_1 = \int_0^\infty \frac{e^{-x} x\, dx}{I_1}, & H_2 = \int_0^\infty \frac{e^{-x} x^2\, dx}{I_1}, \\ H_3 = \int_0^\infty \frac{e^{-x} x^3\, dx}{I_1}, & H_4 = \int_0^\infty \frac{e^{-x} x^2\, dx}{I_2}. \end{cases}$$

Les coefficients de viscosité, de conductibilité calorifique, de conductibilité électrique et de diffusion ont alors les valeurs suivantes :

$$\eta = \frac{4}{45\pi\sqrt{\pi}} \frac{\nu_1}{\nu_2} \sqrt{\frac{m}{h}} H_4, \qquad k = \frac{1}{9\pi\sqrt{\pi}} \frac{\nu_1}{\nu_2} \sqrt{\frac{m}{h}} C_v \frac{H_1 H_3 - H_2^2}{H_1},$$

$$\sigma = \frac{1}{3\pi\sqrt{\pi}} \frac{\nu_1}{\nu_2} \sqrt{\frac{h}{m}} e^2 H_1, \qquad D = \frac{H_1}{6\pi\sqrt{\pi h m}\,\nu_2}.$$

Les rapports $\varepsilon = \frac{k}{\eta C_v}$, $\lambda = \frac{k e^2 J}{R^2 T \sigma}$, $\zeta = \frac{D\rho}{\eta}$ ont pour valeurs respectives

$$\varepsilon = \frac{5}{4} \frac{H_1 H_3 - H_2^2}{H_1 H_4}, \qquad \lambda = \frac{H_1 H_3 - H_2^2}{H_1^2}, \qquad \zeta = \frac{15}{8} \frac{H_1}{H_4}.$$

Ils dépendent, en général, de h, donc *de la température*, suivant une loi qui ne peut être connue que si l'on se donne la fonction $f(r)$. La seule relation indépendante de cette fonction est la suivante :

$$\frac{D}{\sigma} = \frac{RT}{e^2 \nu} = \frac{RTm}{e^2 \rho}.$$

Quelle que soit la loi de force intermoléculaire, le rapport du coefficient de diffusion au coefficient de conductibilité électrique est proportionnel à la température et au poids moléculaire du gaz raréfié et inversement proportionnel à sa densité.

Avec la force inversement proportionnelle à r^s, ε, λ, ζ ont des valeurs purement numériques, ne dépendant que de l'exposant s. *Cette propriété est-elle caractéristique de cette loi de force particulière?* C'est là une question qui me paraît être d'une difficulté mathématique considérable. Pour que λ, par exemple, soit indépendant de h, il suffit (mais est-ce nécessaire?) que l'intégrale I_1 soit le produit d'une fonction de x par une fonction de h. Comme c'est une fonction de $\frac{h}{x}$, on en déduit qu'elle est de la forme $A\left(\frac{h}{x}\right)^t$. On est alors ramené à la question suivante : Déterminer la fonction $f(r)$ pour que

l'on ait

$$\int_0^\infty \cos^2\frac{\theta}{2}\, p\, dp = A\xi^i,$$

sachant que

$$\theta = 2\int_0^z \frac{dy}{\sqrt{1-y^2-\xi f\left(\frac{p}{y}\right)}},$$

z étant la racine du dénominateur. On connaît la solution $f(r) = Kr^{-\frac{2}{i}}$. Il faudrait montrer qu'il n'y en a pas d'autre.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydrogénation catalytique de l'anhydride sulfureux.* Note [1] de M[lle] **Margaret G. Tomkinson**, transmise par M. Paul Sabatier.

Berthelot a indiqué qu'un mélange d'anhydride sulfureux et d'hydrogène, maintenu 24 heures à 280°, n'a donné lieu à aucune réaction [2]. Au rouge, il y a production d'eau, d'hydrogène sulfuré et de soufre. Au contraire, la réduction de l'acide sulfureux par l'hydrogène *naissant* peut être réalisée de diverses manières.

Il m'a paru intéressant de rechercher si, par catalyse effectuée en voie sèche, on pourrait réaliser la réduction directe de l'anhydride sulfureux par l'hydrogène.

J'ai employé comme catalyseur le nickel divisé, obtenu par calcination de l'oxalate dans l'hydrogène à 280°.

Un mélange d'anhydride sulfureux et d'hydrogène secs étant dirigé sur la colonne de métal réduit, on n'observe aucune réaction de 200° à 280°. Au-dessus de 280°, apparaît un peu de vapeur d'eau. La production d'eau est régulière vers 350°, en même temps qu'il y a formation d'hydrogène sulfuré. Plus haut, de 400° à 450°, on voit se produire simultanément de l'eau, de l'hydrogène sulfuré et du soufre.

Si le courant gazeux est lent, l'anhydride sulfureux est entièrement transformé.

Cette hydrogénation semble continuer indéfiniment avec le même catalyseur dans les conditions indiquées. A la fin des expériences, le catalyseur paraît constitué en totalité par du sulfure de nickel.

---

[1] Séance du 26 décembre 1922.

[2] Berthelot, *Ann. Chim. Phys.*, 7e série, t. 14, 1898, p. 289.

J'ai d'ailleurs vérifié : 1° que le mélange des deux gaz passant dans le même tube sans catalyseur entre 200° et 500° ne fournit aucune réaction; 2° que le nickel divisé est sans action, entre 200° et 500°, sur l'anhydride sulfureux seul.

On peut donc conclure que le nickel, ou un mélange de nickel et de sulfure de nickel, ou le sulfure de nickel lui-même, constituent un catalyseur d'hydrogénation directe de l'anhydride sulfureux.

Ces résultats permettaient de prévoir que cette hydrogénation pourrait être réalisée au moyen du sulfure de nickel, préparé à l'avance en dehors de l'appareil. C'est ce que j'ai vérifié directement. J'ai préparé du sulfure de nickel en précipitant par l'hydrogène sulfuré une solution alcaline d'acétate, et calcinant le précipité avec du soufre dans un courant d'hydrogène. Un autre sulfure a été préparé par sulfuration directe de l'oxyde de nickel dans un courant d'hydrogène sulfuré à 200°.

Ces deux espèces de sulfure peuvent l'une et l'autre catalyser, au-dessus de 300°, l'hydrogénation directe de l'anhydride sulfureux. Le sulfure ne semble pas modifié par l'usage et ne contient pas de nickel métallique.

D'ailleurs j'ai vérifié que cette aptitude catalytique du sulfure de nickel à l'hydrogénation n'est pas générale, et ne peut par exemple s'appliquer, ni à la transformation de la propanone en alcool isopropylique, tentée entre 100° et 260°, ni au changement de l'anhydride carbonique en méthane à 300°.

Le sulfure de cobalt et, moins bien, le sulfure ferreux peuvent agir comme le sulfure de nickel pour catalyser l'hydrogénation directe de l'anhydride sulfureux. Mais le cuivre, le sulfure de cadmium sont au contraire tout à fait inactifs.

Il convient de rapprocher cette aptitude catalytique du nickel divisé de son emploi industriel pour transformer à 400° en hydrogène sulfuré le sulfure de carbone contenu à côté d'hydrogène dans le gaz d'éclairage, réaction où le catalyseur, transformé en un mélange de métal et de sulfure, peut conserver son pouvoir pendant un mois, celui-ci n'étant affaibli que par le charbonnement de la surface ([1]).

([1]) Carpenter, *J. Gaz lichting*, t. 126, 1914, p. 928.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la décomposition catalytique de l'huile de ricin.* Note [1] de M. A. **Mailhe**, transmise par M. Paul Sabatier.

L'huile de ricin présente une composition différente des autres huiles végétales. Elle est constituée par le glycéride d'un acide-alcool, l'*acide ricinoléique*, dont la constitution a été établie d'une manière définitive par MM. Haller et Brochet [2].

Nous avons effectué la décomposition de l'huile de ricin dans un tube de cuivre, renfermant dans sa première moitié des blocs d'alumine et, dans la seconde moitié, de la tournure de cuivre.

A une température comprise entre 550° et 570°, les produits de la destruction sont constitués par de l'eau, de l'acroléine, des gaz et des hydrocarbures.

Les gaz, lavés à l'eau, présentent la composition suivante :

CO^2	18	pour 100
CO	21	»
C^nH^{2n}	36	»
C^nH^{2n+2}	17,3	»
CH^4	7,5	»

Les hydrocarbures, extraits du liquide catalysé brut, commencent à bouillir vers 55°. Ils sont séparés jusqu'à 250° et le résidu est passé de nouveau sur le catalyseur, ce qui fournit une nouvelle proportion de produits légers. Les différents distillats sont réunis et traités par de la soude diluée, afin de neutraliser les acides qu'ils contiennent. Le liquide jaune, résultant de ce traitement, possède une forte odeur d'*œnanthone*. Effectivement, il en renferme une dose importante. On la sépare par agitation avec du bisulfite de soude en excès. La combinaison cristallisée est enlevée par filtration à la trompe et il se sépare un liquide jaune, absorbant le brome et s'échauffant par l'acide sulfurique.

Ce liquide est hydrogéné sur du nickel à 200°. Il se change en un produit incolore, d'odeur très agréable de pétrole, sans action sur le brome et l'acide sulfurique.

La rectification permet d'en isoler plusieurs fractions importantes. Celle

(1) Séance du 26 décembre 1922.
(2) *Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 496.

qui bout de 70° à 100° a une densité $D_{10} = 0,6988$. Elle ne donne aucune réaction sensible avec le mélange sulfonitrique. Elle est formée d'hydrocarbures forméniques, principalement d'*hexane* et d'*heptane*, dont les densités repectives sont $D_{11} = 0,6681$ et $D_{15} = 0,6885$.

L'acide nitrique est également sans action sur la portion bouillant de 100° à 130°, qui a une densité $D_9 = 0,7230$, et qui est constituée par des carbures forméniques.

Si l'on effectue la décomposition de l'huile de ricin au-dessus de 600°, on obtient des produits de même nature que précédemment. Seulement, les hydrocarbures forméniques sont accompagnés de carbures aromatiques.

Les densités du liquide hydrogéné sont les suivantes :

70°-100°	$D_{11} = 0,7416$
100-120	0,7514
120-140	0,7870
140-160	0,7940
160-180	0,8219
180-200	0,8411
200-250	0,8653.

Ces différentes portions sont attaquées par le mélange sulfonitrique ou par l'acide azotique fumant. Dans la première portion, un cinquième du liquide total disparaît sous forme de *nitrobenzine;* dans la seconde, la nitration conduit à la formation du *dinitrotoluène*, fondant à 71°, et le résidu de la nitration a une densité $D_{10} = 0,7128$. Enfin le *nitrométaxylène* se forme par nitration de la portion 120°-140°.

La portion bouillant de 200° à 250°, soumise à l'action du chlorure d'aluminium pendant 5 heures, a donné des produits légers distillant à partir de 80°, renfermant de la *benzine* et du *toluène*. Ces deux corps proviennent de l'égrènement des carbures aromatiques complexes contenus dans la portion bouillant au-dessus de 200°.

Ces résultats montrent : 1° que l'huile de ricin subit une décomposition un peu différente des autres huiles végétales, puisqu'il se forme, à côté des carbures d'hydrogène, de l'aldhéhyde œnanthylique; 2° que les hydrocarbures formés au-dessous de 600° sont à peu près exclusivement de nature forménique et qu'au-dessus de 600° il se forme en même temps des hydrocarbures aromatiques, tels que la benzine, le toluène, le métaxylène; 3° la décomposition de l'huile de ricin a été réalisée avec un catalyseur formé de blocs d'alumine et de la tournure de cuivre, ce qui a rendu le dépôt de

charbon insensible; 4° il y a production d'acides éthyléniques, dont la décomposition en présence de tournure de cuivre, à haute température, conduit à des carbures d'hydrogène.

SISMOLOGIE. — *Étude du séisme algérien, du 25 août 1922, d'après les observations microsismiques.* Note (¹) de Mme **A. Hee**. (Extrait.)

Le 25 août, vers $11^h47^m24^s$, une violente secousse sismique a ébranlé la région de Cavaignac située à environ 15^{km} au sud-ouest de Ténès. Les rapports entre ce tremblement de terre et la structure géologique ont été indiqués dans une Note des *Comptes rendus* par MM. A. Brives et M. Dalloni (²). L'intensité du mouvement à Cavaignac correspond à peu près au degré IX de l'échelle Rossi-Forel.

Le Bureau central sismologique de Strasbourg s'est proposé de déterminer l'épicentre par les données microsismiques provenant d'un certain nombre de stations rapprochées (Alger, Cartuja Granada, Barcelone, San Fernando, Coïmbra, Rome, Zurich, Strasbourg) et d'Helwan, station particulièrement intéressante par le fait qu'elle se trouve sur le même continent. Le Bureau a pu avoir entre les mains soit les sismogrammes eux-mêmes, soit leurs reproductions photographiques.

Les données de la station d'Alger assignent à l'épicentre une distance de 165^{km} en appliquant les courbes de Mohorovicic (³). Les P et S entrant en jeu sont les $\overline{P}$ et $\overline{S}$ (P et S soulignés). Dans ces conditions, l'heure origine est fixée à $11^h47^m24^s$.

Pour déterminer l'épicentre, nous nous sommes servie des heures d'arrivée des P à Alger et à Cartuja Granada. La différence des temps de trajet est de 37 secondes. En traçant sur la carte le lieu des points pour lesquels cette différence de temps est de 37 secondes, nous obtenons une courbe d'allure hyperbolique qui coupe le cercle ayant pour centre Alger et pour rayon 165^{km} en un point de la région de Cavaignac. La même méthode, appliquée aux stations de Barcelone et d'Alger, conduit à une deuxième courbe qui passe au voisinage du point d'intersection des deux premières.

(¹) Séance du 11 décembre 1922.

(²) *Le tremblement de terre du 25 août 1922 et la structure géologique de la région de Ténès-Cavaignac* (Algérie) (*Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 527).

(³) *Das Beben vom* 8-X-1909, von Dr A. Mohorovicic (*Jahrbuch des Meteorologischen Observatoriums in Zagreb für das Jahr* 1909; Jahrgang IX, IV Teil).

TABLEAU.

Stations.	Distance (Cavaignac).	Distance (M).	Heure d'arrivée des P (Cavaignac).	Heure d'arrivée des P (M).	Heure d'arrivée des P (observée).	d. (Cavaignac).	d. (M).	Heure d'arrivée des S (Cavaignac).	Heure d'arrivée des P (M).	Heure d'arrivée des S (observée).	d. (Cavaignac).	d. (M).
Alger......	169km	168km	»	»	iP 11h47m49s	»	»	S̄ 11h48m11s	S̄ 11h48m09s	S 11h48m09s	— 2	0
Cartuja....	435	444	11h48m25s	11h48m26s	P 11.48.26	+1	0	11.49.16	S 11.49.18	(S) 11.49.15	— 1	— 3
Barcelone..	562	576	11.48.41	11.48.43	P 11.48.43	+2	0	11.49.44	11.49.49	S 11.49.52	+ 8	+ 3
Coïmbra...	935	950	11.49.29	11.49.31	eP(EW) 11.49.36	+7	+5	11.51.13	11.51.17	eS 11.51.23	+10	+ 6
Rome......	1147	1150	11.49.55	11.49.56	eP 11.49.54	—1	—2	»	»	»	»	»
Zurich.....	1360	1371	11.50.22	11.50.24	P 11.50.24	+2	0	»	»	S vague	»	»
Strasbourg.	1455	1466	11.50.35	11.50.36	P 11.50.32	—3	—4	11.53.10	11.53.13	(eS) 11.53.23	+13	+10
Helwon....	2887	2879	11.53.14	11.53.14	eP 11.53.17	+3	+3	11.57.49	11.57.48	eS 11.57.49	0	+ 1

L'épicentre est pris à l'intérieur du triangle formé par ces trois courbes. Nous avons adopté un point M de coordonnées $\varphi = 36^\circ 17' \mathrm{N}$, $\lambda = 1^\circ 16' \mathrm{E}$, celles de Cavaignac étant $\varphi = 36^\circ 25' \mathrm{N}$, $\lambda = 1^\circ 12' \mathrm{E}$.

Nous avons déterminé la distance de cet épicentre aux stations énumérées. Ces distances figurent dans la deuxième colonne du tableau ci-contre. Dans la première colonne figurent les distances de Cavaignac aux mêmes stations. Dans les colonnes suivantes sont inscrites les heures d'arrivée des P en supposant l'épicentre à Cavaignac, les heures d'arrivée des P en supposant l'épicentre au point déterminé M, enfin les heures d'arrivée observées sur les sismogrammes et la nature de la phase. Les deux dernières colonnes contiennent les différences entre les nombres calculés et les nombres observés. Les mêmes données pour la phase S figurent dans les colonnes voisines.

La comparaison des erreurs montre que, pour les stations rapprochées, les différences sont réduites en adoptant l'épicentre déterminé M. Mais ces différences sont de l'ordre de grandeur des erreurs qui peuvent être commises dans le dépouillement des sismogrammes. Les heures d'arrivée des S ne peuvent être déterminées avec assez de précision pour que nous puissions appliquer à la détermination de l'épicentre la méthode s'appuyant sur la différence S — P.

En tout cas les observations microsismiques conduisent, comme les observations macrosismiques, à une région très voisine de Cavaignac; la concordance entre les deux méthodes d'observations peut être considérée comme satisfaisante.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur le delta pliocène du Var et les niveaux d'érosion des vallées y débouchant.* Note [1] de M. **Emmanuel de Martonne**, présentée par M. Pierre Termier.

L'énorme dépôt de poudingues pliocènes de la basse vallée du Var a été décrit comme un delta par De Chambrun de Rosemont (1873), Depéret (1903), Léon Bertrand (1904) et Penck (1905), tandis que Desor (1876) et récemment David Martin ont cru y voir, dans certaines parties, des moraines. Penck a signalé la possibilité d'y retrouver le niveau de base pliocène en rapport avec un ancien thalweg du Var sur la crête du Pic-

(1) Séance du 26 décembre 1922.

ciarvet, mais aucun géographe n'a été tenté de suivre cette suggestion hasardeuse, et les géologues ont porté leur attention sur les couches fossilifères pliocènes sous-jacentes aux poudingues.

Nous croyons pouvoir établir les faits suivants, après une étude de la masse des poudingues, au point de vue de leur origine, leur disposition et leurs formes topographiques :

1° On ne peut douter du caractère deltaïque. La pente est assez régulière (moyenne 17°), sans trace des plissements signalés par certains auteurs, mais avec quelques irrégularités locales, fréquentes au voisinage de l'ancien rivage.

2° Les parties les plus hautes du dépôt se présentant en masse continue atteignent 650^m. On n'y trouve pas de Cristallin, mais seulement des calcaires et grès, en blocs parfois de grandes dimensions; il s'agit donc de cônes de déjections locaux, se raccordant avec le delta, dont la surface était plus basse.

3° Le Cristallin est profondément altéré sur toutes les crêtes dépassant 350^m, très frais au contraire à la surface des crêtes plus basses; fait difficilement explicable sans admettre qu'il y a lieu de distinguer deux surfaces topographiques, d'âge différent.

4° On ne peut reconstituer la surface de l'ancien delta, en s'appuyant sur les crêtes. Leur profil montre des ressauts multiples correspondant à la pente des couches.

5° Il y a, en réalité, dans la masse des poudingues, trois surfaces topographiques planes, dans lesquelles sont découpées les crêtes : une surface supérieure, ayant comme témoin principal la crête dela Bégude à 390^m-450^m (altitude relative 320^m-370^m) avec une pente de 2,5 pour 100; une surface moyenne, la plus développée à laquelle appartient notamment la crête Lanterne-La Tour-Cabannes à 175^m-340^m (altitude relative 140^m-270^m) avec une pente de 1,5 pour 100; une surface inférieure, en rapport avec des alluvions quaternaires sableuses, avec lits de cailloux horizontaux, à 100^m-330^m (altitude relative 80^m-230^m) avec une pente de 1,5 pour 100.

La surface supérieure, où les cailloutis cristallins sont très altérés, est la plus voisine de la surface primitive du dépôt, mais lui est probablement inférieure de 50^m à 100^m. Les deux autres surfaces sont incontestablement des surfaces d'érosion. Leur pente étant notablement supérieure à celle du lit actuel du Var, on doit admettre qu'elles ont été affectées par un soulèvement.

Pour établir un rapport entre ces surfaces et les niveaux d'érosion des

vallées du bassin du Var, une analyse morphologique détaillée est nécessaire. Elle a été conduite suivant les principes que j'ai précédemment fixés et appliqués à quelques vallées du Dauphiné ([1]).

La vallée de la Vésubie montre très nettement deux niveaux (C et D), dont les altitudes relatives vont en décroissant vers l'amont et qui convergeraient entre Lantosque et Saint-Martin, se confondant avec un ancien thalweg, à peine recreusé de 30^{m}, sur le fond duquel repose le curieux dépôt de Berthémont. Or, j'ai établi définitivement le caractère morainique de la base au moins de ce dépôt, en y trouvant de gros blocs striés dans une boue glaciaire. L'âge quaternaire de C et D est donc certain.

D'autre part C se raccorde nettement avec la surface inférieure de la région du delta, et D avec la surface moyenne. D est aussi en rapport avec les petites plaines alluviales de Levens et Vélaplan, qui représentent à 500^{m} et 520^{m} des restes de topographie ancienne datant déjà d'une époque où le creusement avait repris dans la masse des poudingues.

Les formes pliocènes doivent être cherchées plus haut; elles n'ont guère mieux été conservées que la surface du delta pliocène lui-même.

La dureté des calcaires dans lesquels la basse Vésubie a creusé les formidables gorges de Saint-Jean-la-Rivière et Duranus a seule permis la conservation des thalwegs C et D. Sur la Tinée et le Var, où les formations schisteuses et marneuses sont plus développées, ces niveaux ne se présentent qu'en témoins discontinus. On relève deux séries au moins de terrasses et replats à des altitudes relatives inférieures : série B, 70^{m}-80^{m}, et série A, 20^{m} à 30^{m}. Le niveau C est problablement représenté dans la Tinée par la série des replats dont l'altitude relative va en diminuant de 180^{m} à 50^{m} jusqu'à Saint-Sauveur.

Malgré la grande érosion des vallées des Alpes maritimes, il reste possible de retrouver des formes d'érosion quaternaires, indiquant un mouvement du sol dont l'amplitude est de plusieurs centaines de mètres. Les thalwegs actuels forment des courbes irrégulières dont l'écartement maximum par rapport aux thalwegs C et D s'observe au voisinage des gorges d'où débouchent le Var et la Vésubie. La différence diminuant vers l'aval, le thalweg C, prolongé jusqu'à l'embouchure actuelle du Var, aboutirait à 30^{m}, et il suffirait de supposer une extension plus grande de la masse des poudingues, reportant l'embouchure à 1^{km} au Sud, pour voir ce niveau aboutir à 20^{m}, ce qui permettrait de le mettre en rapport avec les plages

([1]) *Comptes rendus*, t. 153, 1911, p. 309 et 404.

quaternaires récentes, relevées à l'Est de Nice par Depéret et Caziot. Il rentrerait ainsi dans la classification du Quaternaire de Depéret, d'accord avec l'âge que lui fixent les moraines de Berthémont.

Le niveau D aboutirait par le même procédé à 110^m au droit de l'embouchure actuelle du Var, et à environ 60^m à 3^{km} au Sud, ce qui permettrait de le mettre en rapport avec les plages quaternaires plus anciennes relevées à l'Est de Nice.

Nous ne croyons pas qu'on puisse aller plus loin.

La séance est levée à 16 heures et demie.

É. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 8 JANVIER 1923.

PRÉSIDENCE DE M. ALBIN HALLER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude de l'absorption dans l'ultraviolet d'une série de dérivés du camphre.* Note [1] de MM. **A. Haller** et **R. Lucas**.

Certains dérivés du camphre tels que le benzalcamphre [2], le furfuralcamphre [3], l'anisalcamphre présentent des anomalies considérables dans leurs propriétés optiques — dispersion ordinaire, réfraction moléculaire, pouvoir rotatoire — vis-à-vis des dérivés de réductions correspondants.

La présente étude a pour but de rechercher s'il n'y a pas de différences importantes dans les spectres d'absorption de ces corps. On sait en effet que le rôle des bandes d'absorption est fondamental en ce qui concerne la dispersion ordinaire et la dispersion rotatoire.

L'appareil employé consiste en un spectrographe en quartz de Ch. Féry permettant d'explorer la région spectrale comprise entre 2280 et 5400 U.Å.

Un perfectionnement du dispositif photographique a permis de prendre sur un même film vingt spectrogrammes de 1^{mm} de hauteur.

La source lumineuse était formée par l'étincelle condensée éclatant entre deux électrodes de fer reliées à une batterie de condensateurs Mosciki de 0,02 microfarad placée sur le secondaire d'un transformateur. Le circuit primaire était alimenté par le courant du secteur, en sorte que la source

---

(1) Séance du 4 décembre 1922.

(2) A. Haller, *Comptes rendus*, t. 113, 1891, p. 22. — A. Haller et Th. Muller, *Ibid.*, t. 128, 1899, p. 1370. — A. Haller et P. Boudin, *Ann. de Chimie*, t. 17, 1922, p. 5.

(3) Mlle Wolff, *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 23.

lumineuse possédait un éclat très constant. Les substances étudiées étaient dissoutes dans l'alcool éthylique absolu qui ne présentait pas d'absorption appréciable jusqu'à 2360 U. Å. pour 60^{mm} d'épaisseur.

Le faisceau lumineux traversait des épaisseurs variables de solution

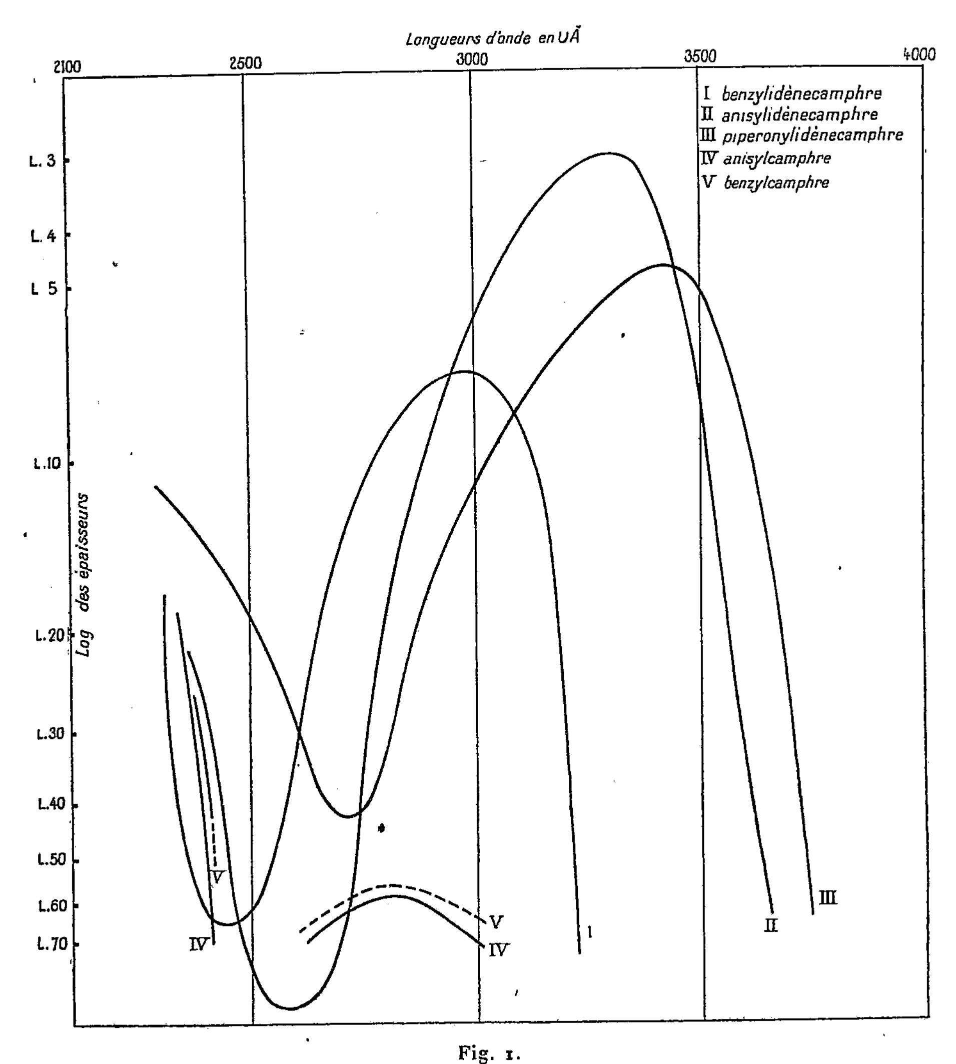


Fig. 1.

placée dans un tube de Baly et était ensuite concentré sur la fente du spectrographe. Pour la commodité des mesures nous avons adopté une concentration moléculaire constante $\frac{4}{3}$ N.10^{-7} pour les différents dérivés.

Pour chacun de ces corps nous avons pris 60 spectres correspondant

à des épaisseurs variables de millimètre en millimètre de 2 à 61, le temps de pose était de une minute par spectre. La représentation graphique des courbes d'absorption a été celle suggérée autrefois par Lord Rayleigh [1]. Les longueurs d'onde étant en abscisses, on porte en ordonnées les logarithmes des épaisseurs de solution correspondant à la disparition de l'impression photographique, en ayant soin de choisir des raies d'égales intensités pour des épaisseurs nulles.

Les corps étudiés ont été les suivants :

(I)
- Benzalcamphre;
- Anisalcamphre;
- Pipéronalcamphre;
- *m*-Oxybenzylidènecamphre;
- *m*-Méthoxybenzylidènecamphre;
- *p*-Tolylidènecamphre;
- *m*-Tolylidènecamphre.

(II)
- Benzylcamphre;
- Anisylcamphre.

Tous les corps (I), de type

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}C = CH - R\\ |\\ CO\end{array}\right.,$$

présentent une forte bande d'absorption, les maxima variant pour chacun des corps de 2900 U.Å. à 3500 U.Å., alors que les corps (II) n'en présentent pas.

La comparaison du benzalcamphre et du benzylcamphre

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}CH - CH^2 - C^6H^5\\ |\\ CO\end{array}\right.,$$

ainsi que celle de l'anisal et de l'anisylcamphre, qui ne diffèrent l'un de l'autre que par l'existence d'une liaison éthylénique, montre la grosse différence que cette liaison apporte par l'apparition d'une forte bande d'absorption.

Celle-ci est solidaire d'une perturbation importante de l'indice et de la réfraction moléculaire dans le spectre visible [2] ainsi que de la dispersion rotatoire si elle correspond à des périodes d'ions optiquement actifs.

---

(1) *Nature*, t. 27, 1883, p. 559.
(2) A. Haller et Th. Muller, *loc. cit.*

Des expériences sont en cours pour observer si la propriété signalée se manifeste dans d'autres composés du même groupe, notamment dans des

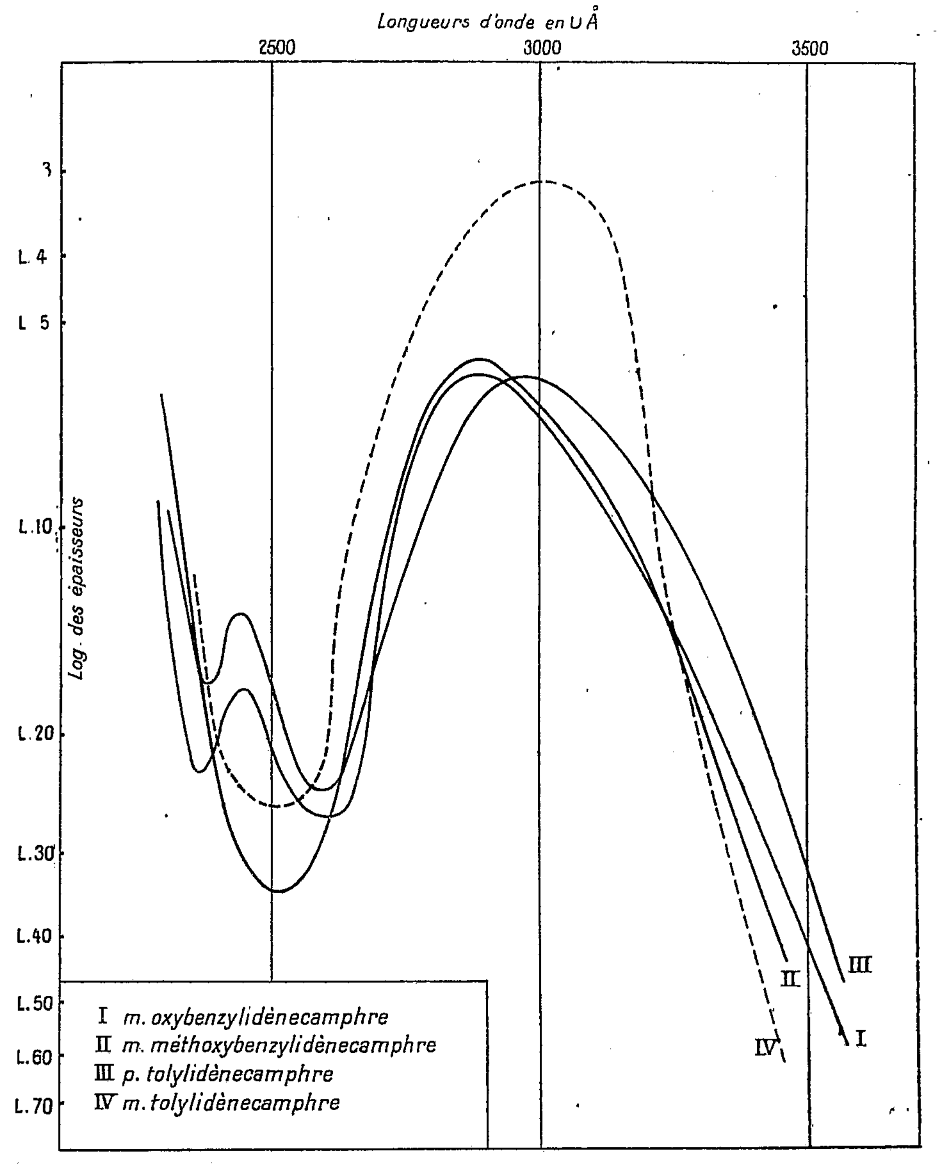


Fig. 2.

dérivés résultant de la substitution d'halogènes, de radicaux hydrocarbonés, OH, OR, NH^2, NR^2, etc., dans les différentes positions ortho, méta et para du noyau benzénique.

Les courbes montrent que l'influence de substitutions de plus en plus importantes déplacent le maximum de l'absorption vers le rouge, comme on peut le voir avec le benzal, l'anisal et le pipéronalcamphre, où les radicaux anisal et pipéronal sont plus lourds que le benzal.

Par contre, on peut faire une observation analogue à celle de Hartley sur l'identité des spectres d'absorption de l'acide benzoïque et de son éther méthylique ; on peut constater que les spectres relatifs au métaméthoxybenzylidènecamphre et au métaoxybenzylidènecamphre sont pratiquement identiques.

Exception faite pour le benzalcamphre [1], les spectres d'absorption de ces composés n'ont pas encore été publiés.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la vitalité des feuilles d'*Aucuba *conservées dans le vide*. Note [2] de MM. **P.-A. Dangeard** et **Pierre Dangeard.**

Le 29 mai 1922, M. Maquenne annonçait à l'Académie qu'il avait réussi, en collaboration avec M. Demoussy, à conserver plus d'un an dans le vide et à la lumière des feuilles d'*Aucuba*, sans que celles-ci présentassent aucun signe d'altération : une de ces feuilles était encore capable de décomposer en six heures, au soleil, $2^{\text{cm}^3},4$ d'acide carbonique [3].

Les auteurs en signalant cette découverte ont eu bien soin de préciser les principales conditions nécessaires à la réussite de l'expérience : il faut que la feuille renferme une réserve de substance combustible suffisante pour fournir sans en être affectée le volume de gaz carbonique, par conséquent d'oxygène qui lui est nécessaire au début; il faut d'autre part que les matériaux gazeux ou liquides que cette feuille consomme en respirant pendant la nuit soient intégralement régénérés pendant le jour, par la fonction chlorophyllienne.

Grâce à l'obligeance de M. Maquenne, il nous a été possible d'étudier par comparaison une de ces feuilles restée depuis six mois dans le vide — 30 mai 1922 à début novembre — avec d'autres feuilles venant seulement d'être détachées de l'arbuste.

Tout d'abord, nous constaterons que toutes les cellules de la feuille con-

---

(1) Lowry, *Trans. Chem. Soc.*, t. 97, 1910, p. 906.

(2) Séance du 3 janvier 1923.

(3) L. Maquenne et E. Demoussy, *Sur la végétation dans des milieux pauvres en oxygène* (*Comptes rendus*, 1922, t. 174, p. 1387).

servée six mois dans le vide sont restées bien vivantes : la preuve résulte : 1° de l'observation des mouvements cellulaires ; 2° de la possibilité des colorations vitales.

A. Contrairement à une opinion assez répandue, il est relativement facile d'observer les mouvements du protoplasme et les courants qui s'y développent dans la plupart des cellules végétales : lorsque l'activité est très grande, les microsomes circulent rapidement et dans des directions parfois extrêmement variables : si l'activité est ralentie, il est alors nécessaire de fixer attentivement plusieurs de ces microsomes qui paraissent immobiles : on les voit alors se déplacer brusquement sur un trajet plus ou moins long; si la cellule est en voie de dégénérescence, les microsomes éprouvent un mouvement de trépidation sur place qui cesse finalement avec la mort de la cellule.

Dans la feuille conservée dans le vide, les mouvements des microsomes peuvent être suivis facilement dans les cellules épidermiques : ils sont particulièrement visibles au voisinage des nervures et alors assez actifs : on observe également mais avec plus de difficultés cette translation des microsomes à l'intérieur des cellules stomatiques : leurs déplacements sont alors de faible amplitude.

Ce mouvement des microsomes le long des cordons protoplasmiques se produit avec les mêmes caractères dans les cellules d'une feuille d'*Aucuba* qui vient d'être détachée de son rameau.

B. L'emploi des colorants vitaux permet ainsi que nous l'avons montré, à plusieurs reprises depuis quelques années, de reconnaître si une cellule végétale est vivante ou non. Dans le premier cas, la substance colorante s'accumule dans le vacuome, laissant complètement incolore le noyau, le cytoplasme, ainsi que l'ensemble des plastes. La vie dans une cellule dont le vacuome est ainsi coloré peut persister pendant une dizaine de jours, comme la chose s'est produite pour les feuilles d'*Elodea* ; ordinairement la période de survie se réduit à quelques heures; on voit au bout de quelque temps, le noyau, les plastes et le cytoplasme s'imprégner du colorant et assez brusquement le vacuome perd ses propriétés électives et ses caractères morphologiques : la cellule est morte.

Les vacuoles de la feuille d'*Aucuba* provenant du vide prennent très bien les colorants vitaux comme le rouge neutre et le bleu de crésyl : leur pouvoir électif et osmotique est absolument normal dans toutes les cellules de la feuille : ce n'est qu'au bout de plusieurs heures que la mort survient : on peut faire des constatations identiques sur les feuilles ordinaires.

En résumé, *il est possible d'affirmer, à la suite des constatations précédentes, que la feuille d'*AUCUBA *placée dans le vide pendant six mois a conservé vivantes toutes ses cellules :* cette vitalité est sans doute susceptible d'une durée beaucoup plus longue qu'il sera intéressant de déterminer par la suite.

Nous avons profité de l'occasion qui nous était ainsi offerte pour faire une étude plus complète des cellules de la feuille d'*Aucuba* relativement à leur contenu et à leur structure, en procédant toujours par comparaison entre la feuille provenant du vide F. I et les feuilles ordinaires F. II; voici quelques-uns des résultats obtenus.

a. En F. I, comme en F. II, seules les cellules stomatiques renferment des chloroplastes imprégnés d'amidon et se colorant en rouge brique comme l'amylodextrine par les solutions iodées : il n'en existe aucune trace soit dans les autres cellules épidermiques, soit dans les cellules du mésophylle. L'un de nous a déjà signalé un fait semblable dans la feuille d'*Iris* sans pouvoir en indiquer la raison.

b. En F. I, comme en F. II, les cellules épidermiques semblent incolores à un premier examen : en réalité, elles possèdent un certain nombre de petits chloroplastes à contour sphérique, groupés à la surface du noyau : chloroplastes et noyau occupent la face interne et profonde des cellules, ce qui exige une certaine attention pour les apercevoir nettement.

c. En F. I, comme en F. II, les cellules épidermiques, ainsi que les cellules du mésophylle, ne possèdent qu'une couche très mince de cytoplasme dans laquelle sont logés le noyau, les chloroplastes et les microsomes: tout l'intérieur de chaque cellule est occupé par une grande vacuole unique renfermant une solution colloïdale de métachromatine au sens défini par l'un de nous.

Seules, les cellules stomatiques possèdent un vacuome fragmenté en un nombre variable de petites vacuoles, parfois réunies en réseau : cet état indique que les cellules sont riches en cytoplasme et ont conservé un caractère embryonnaire, alors que les autres cellules sont arrivées à une période de maturité.

d. En F. I, comme en F. II, la distinction du plastidome et du sphérome est extrêmement nette : tous les plastes, sauf dans les nervures, sont chrorophylliens; aucun n'est filamenteux; tous les microsomes sont incolores sur le vivant et de forme sphérique; tous sont teintés en noir par l'hématoxyline ferrique après fixation au Laguesse; tous sont très petits par rapport aux chloroplastes.

e. En F. I comme en F. II la solution colloïdale de métachromatine contenue dans le vacuome présente les propriétés électives et osmotiques ordinaires : elle contient des tanins, à en juger par la coloration brune que lui communique l'acide osmique : il semble, sans qu'on puisse l'affirmer, que ces tanins soient un peu plus abondants dans les feuilles I.

La solution colloïdale contenue dans la vacuole est certainement assez épaisse, car le fixateur Laguesse donne lieu à un abondant et fin précipité : on observe même parfois la formation de gros corpuscules métachromatiques se colorant en noir par l'hématoxyline ferrique dans les cellules stomatiques, dans plusieurs cellules épidermiques, surtout chez celles qui sont en bordure des nervures.

On sait que les cellules végétales sont capables d'immobiliser l'acide oxalique, toxique à faible dose, en le combinant à la chaux, sous forme de cristaux d'oxalate de chaux.

Il se produit quelque chose d'analogue avec le rouge neutre : dans des cellules vivantes dont le vacuome est coloré de façon intense par ce colorant vital, on voit des aiguilles violettes se former autour d'un centre de condensation ; le nombre des aiguilles augmente ainsi que leur longueur et l'on a finalement dans une grande vacuole progressivement décolorée une sorte d'oursin hérissé de longs piquants de couleur lie de vin : le rouge neutre, dissous dans le vacuole, se trouve ainsi immobilisé à l'état de cristaux.

f. Les faisceaux des nervures devaient aussi retenir notre attention : alors que les vaisseaux du bois sont morts, les éléments du liber sont, pour la plupart, en F. I comme en F. II, restés très vivants et, il semble bien, très actifs : seuls quelques tubes paraissent vides.

On a trouvé dans les premiers, après fixation au Laguesse et coloration à l'hématoxiline ferrique, un noyau allongé, des plastes ordinairement sphériques groupés au voisinage du noyau ou dispersés. Les microsomes sont très abondants : quelques-uns allongés en courts bâtonnets sont probablement en voie de division : ils sont très chromatiques, la différence de taille ne permet pas de les confondre avec les plastes, même lorsque ceux-ci deviennent des mitoplastes.

g. L'origine des globules oléagineux qui existent dans le cytoplasme des celulles est encore obscure ; ces globules en F. I comme en F. II sont assez nombreux dans les cellules stomatiques et ils paraissent se relier par des transitions insensibles aux microsomes. Dans les autres cellules de ces feuilles, le cytoplasme renferme fréquemment de un à trois gros corpuscules d'huile ou un nombre plus élevé.

La réserve d'huile est sensiblement la même pour F. I et F. II qui représentent des feuilles adultes : elle est assez faible.

Si l'on examine au contraire une feuille plus jeune prise tout à l'extrémité du rameau, on constate que celle-ci renferme une quantité d'huile beaucoup plus grande dans ses cellules : les globules d'huile y sont plus gros et plus nombreux dans le cytoplasme.

En résumé, *une feuille adulte d'*Aucuba *placée dans le vide relatif et à la lumière pendant six mois conserve toutes ses cellules vivantes sans qu'aucune différence importante puisse être décelée entre la structure de ces cellules et celle des feuilles restées sur l'arbre :* la découverte de MM. Maquenne et Demoussy sera certainement le point de départ de recherches intéressantes concernant la Biologie cellulaire.

M. **Haller** s'exprime en ces termes :

La Conférence faite à la Société chimique de France dont j'ai l'honneur de déposer le texte sur le bureau de l'Académie comporte un ensemble de recherches effectuées depuis 18 ans à la Sorbonne et à l'École de Physique et de Chimie en employant comme réactif *l'amidure de sodium.* Les résultats obtenus montrent que ce réactif peut servir soit comme agent intermédiaire pour réaliser des substitutions, soit comme agent de dédoublement, soit enfin comme agent de condensation.

Avec M. Ed. Bauer ces recherches ont, en particulier, porté sur la préparation de cétones aliphatiques et mixtes polysubstituées que nous avons ensuite dédoublées par le même réactif en amides d'acides trialcoylacétiques et carbures.

D'autres exécutées avec Mme Ramart, MM. Boudin, Louvrier, Benoist, Cornubert, etc. ont abouti à la production de dérivés tétrahydropyridiques, d'alcoylcamphres, d'alcoylcyclotriméthylène, d'alcoylcyclopentanones et d'alcoylcyclohexanones, ainsi que de leurs produits de dédoublement.

M. **Branly** présente un opuscule qu'il vient de publier sous le titre : *Télégraphie sans fil.*

M. **Daniel Berthelot** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie un exemplaire du compte rendu des Travaux de la Conférence Internationale des grandes lignes de

transport d'énergie électrique à très haute tension, qui s'est tenue, à Paris, au mois de novembre 1921 sous les auspices de l'Union des Syndicats de l'Électricité.

A cette Conférence ont assisté les représentants les plus qualifiés de l'industrie électrique, tant en Europe qu'aux États-Unis et au Japon.

Les plus importantes questions techniques, relatives aux grands réseaux existants ou projetés dans le monde entier, ont été examinées contradictoirement. On les trouvera exposées dans plus de 60 rapports, suivis de discussions approfondies et accompagnés de cartes, de diagrammes, de schémas et de photographies, dont l'ensemble forme un volume d'environ 1200 pages d'une impeccable présentation typographique. Plusieurs de ces rapports sont dus à notre confrère M. A. Blondel.

Le succès de la Conférence a été tel qu'en se séparant elle a décidé, à l'unanimité, de maintenir le contact si heureusement établi dans ce domaine entre les spécialistes des diverses nations et de se réunir désormais tous les deux ans à Paris.

M. H. Le Chatelier fait hommage à l'Académie du *Traité d'analyse des substances minérales*, par Adolphe Carnot. Tome quatrième et dernier : *Métaux* (deuxième Partie). Révision et Appendice, par E. Goutal.

M. Mesnil fait hommage à l'Académie du Livre publié par l'Institut Pasteur à l'occasion du 100e anniversaire de la naissance de Pasteur.

Dans cet Ouvrage ont été reproduits plusieurs articles qui évoquent les diverses périodes de la vie scientifique de Pasteur. Ce sont :

Deux leçons faites à la Société chimique en 1860, dans lesquelles Pasteur résume ses travaux sur la dissymétrie moléculaire;

Un article de E. Duclaux sur la vie au Laboratoire de l'École Normale;

Deux articles que M. Roux a consacrés, l'un dans l'*Agenda du Chimiste* (1896), à l'œuvre médicale de Pasteur; l'autre, à la Société d'Agriculture, à son œuvre agricole.

Les illustrations représentent Pasteur à différentes époques de son existence, et ses principaux collaborateurs (plusieurs ont fait partie de notre Compagnie) à l'époque où ils travaillaient à ses côtés.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Bibliographie des travaux scientifiques (sciences mathématiques, physiques et naturelles) publiés par les Sociétés savantes de France*, dressée sous les auspices du Ministère de l'Instruction publique, par René Descharmes; tome II, 1re livraison.

2° *Les progrès de la Chimie en* 1920. Traduction des *Annual Reports on the Progress of Chemistry for* 1920, issued by the Chemical Society, publiée sous la direction de André Kling.

3° *Paul Schützenberger et l'isotopie*, par O. Boudouard. (Présenté par M. A. Haller.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la représentation des fonctions d'une variable réelle.* Note [1] de M. **Th. Anghelutza.**

Considérons la série trigonométrique de Fourier,

$$(1) \qquad \frac{a_0}{2}+(a_1\cos x+b_1\sin x)+\ldots+(a_n\cos nx+b_n\sin nx)+\ldots.$$

Pour le cas où la série n'est pas convergente, on a imaginé diverses méthodes de sommation. On a ainsi la sommation par l'intégrale de Poisson, utilisée par M. Picard. On a aussi la sommation de Riemann et d'autres (Lebesgue, Fejér).

En désignant par S_n la somme des n premiers termes de (1), M. Fejér considère la moyenne arithmétique

$$\frac{S_1+S_2+\ldots+S_n}{n}=\frac{1}{2\pi n}\int_0^{2\pi}f(\alpha)\left(\frac{\sin n\dfrac{\alpha-x}{2}}{\sin\dfrac{\alpha-x}{2}}\right)^2 d\alpha=\frac{1}{\pi}\int_{-\infty}^{+\infty}f\left(x+\frac{2t}{n}\right)\left(\frac{\sin t}{t}\right)^2 dt.$$

M. Jackson et M. de la Vallée Poussin, en étudiant l'approximation, ont

---

(1) Séance du 26 décembre 1922.

introduit d'autres polynomes trigonométriques, posant dans l'intégrale de Fejér, au lieu de $\left(\frac{\sin t}{t}\right)^2$, l'expression $\left(\frac{\sin t}{t}\right)^{2p}$.

Dans cette Note, nous voulons montrer qu'il existe une classe générale de polynomes trigonométriques qui somment la série de Fourier; $f(x)$ remplissant les mêmes conditions que dans la sommation de M. Fejér, le degré d'approximation par rapport à n étant le même.

Commençons par donner une nouvelle méthode de sommation pour la série de Fourier.

Posons pour cela

$$\sum_n = \frac{S_1 + 3S_2 + \ldots + (2n-1)S_n}{n^2}$$
$$= \frac{1}{2\pi n^2}\int_0^{\pi} f(x+2t)\frac{\cos t \sin 2nt - 2n \sin t \cos 2nt}{\sin^3 t}\,dt.$$

On a

$$\sum_n = \frac{2}{\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} f\left(x+\frac{t}{n}\right)\frac{\sin t - t\cos t}{t^3}\,dt,$$

Σ_n tend vers $f(x)$, le degré d'approximation étant le même.

Pour une fonction qui vérifie la condition de Lipschitz d'ordre 1, on pose

$$T_n = \frac{15}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} f\left(x+\frac{t}{n}\right)\left(\frac{\sin t - t\cos t}{t^3}\right)^2 dt,$$

où

$$\int_{-\infty}^{+\infty}\left(\frac{\sin t - t\cos t}{t^3}\right)^2 dt = \frac{2\pi}{15}.$$

On trouve

$$|T_n - f(x)| < \frac{15k}{\pi n},$$

k étant la constante qui entre dans la condition de Lipschitz.

Considérons maintenant l'expression $E(t)$, paire ou impaire de t, de la forme

$$E(t) = \frac{P(t, \sin t, \cos t)}{t^p},$$

où

$$P(t, \sin t, \cos t) = \sum_{i=0}^{i=q} t^i A_i(\sin t, \cos t) \qquad (q \leqq p-2),$$

les $A_i(\sin t, \cos t)$ étant des polynomes en $\sin t$, $\cos t$, et $E(t)$ étant finie pour $t = 0$.

Dans ces conditions, si les $A_i(\sin t, \cos t)$ sont tous périodiques de période π, l'expression

$$\frac{\int_{-\infty}^{+\infty} f\left(x+\frac{2t}{n}\right) E(t)\,dt}{\int_{-\infty}^{+\infty} E(t)\,dt}$$

est un polynome trigonométrique qui somme la série de Fourier.

Si les $A_i(\sin t, \cos t)$ ne sont pas périodiques, on a la même conclusion pour l'expression

$$\frac{\int_{-\infty}^{+\infty} f\left(x+\frac{t}{n}\right) E(t)\,dt}{\int_{-\infty}^{+\infty} E(t)\,dt}.$$

Comme exemple qui rentre dans le premier cas, considérons

$$\Phi_n = \frac{3}{\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} f\left(x+\frac{2t}{n}\right)\frac{t^2-\sin^2 t}{t^4}\,dt.$$

Si l'on cherche la loi correspondante de sommation de la série de Fourier, on trouve

$$\Phi_n = \frac{2}{n^3}\sum_{p=1}^{n}[(n-p+1)(n-p)+1]\,S_p = \frac{2}{n^3}\sum_{p=0}^{n-1}(n-p)^3 A_p,$$

où $A_0 = \frac{a_0}{2}$ et $A_p = a_p \cos px + b_p \sin px$.

Pour avoir une approximation plus grande, quand $f(x)$ vérifie la condition de Lipschitz d'ordre 1, on prend

$$\Psi_n = \frac{63}{8\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} f\left(x+\frac{2t}{n}\right)\left(\frac{t^2-sm^2 t}{t^4}\right)^2 dt,$$

où

$$\int_{-\infty}^{+\infty}\left(\frac{t^2-sm^2 t}{t^4}\right)^2 dt = \frac{8\pi}{63}.$$

On trouve

$$|f(x)-\Psi_n| < \frac{7k}{n}.$$

Comme exemple pour le second cas, on prend

$$\chi_n = \frac{2}{\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} f\left(x+\frac{t}{n}\right)\frac{t-\sin t}{t^3}\,dt.$$

Ici la loi de sommation est la suivante :

$$\chi_n = \frac{1}{n^2}\sum_{p=1}^{n}(2n-2p+1)s_p = \frac{1}{n^2}\sum_{p=0}^{n-1}(n-p)^2 A_p.$$

Pour le cas de la condition de Lipschitz d'ordre 1, on prend

$$\theta_n = \frac{20}{\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} f\left(x+\frac{t}{n}\right)\left(\frac{t-sm\,t}{t^3}\right)^2 dt.$$

On trouve pour l'approximation

$$|f(x)-\theta_n| < \frac{5k}{n}.$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les substitutions rationnelles à deux variables.* Note de M. **Gaston Julia.**

On ne considère ici que des substitutions entières à deux variables; les résultats obtenus pouvant je crois s'étendre sans difficulté aux substitutions rationnelles à n variables, et l'on donnera une brève esquisse des circonstances de leur itération.

1. Soit $S[x, y|X, Y]$ la substitution considérée, pour laquelle on suppose que l'origine est un point double répulsif aux multiplicateurs s et σ de module > 1.

Soit Δ un petit volume entourant O dans l'espace E_4 à quatre dimensions x_1, x_2, y_1, y_2 $[x = x_1 + ix_2,\ y = y_1 + iy_2]$, par exemple, $|x| \leqq \rho$, $|y| \leqq \rho$, pour ρ assez petit. Dans Δ, la substitution S^{-1} sera régulière et donnera un volume Δ_{-1}, intérieur à Δ; par S^{-k} on aura Δ_{-k} qui tend vers zéro avec $\frac{1}{k}$. Au contraire, Δ_1, conséquent de Δ par S, contient Δ, et les conséquents successifs Δ_k de Δ, contenus chacun dans les suivants, ont pour limite un domaine $\mathfrak{D}_0$ de E_4 qui est le *domaine de répulsion de* O : ensemble des points d'un seul tenant avec O, dont les antécédents successifs ont O pour point limite.

A priori, deux cas seulement sont possibles :

2. Premier cas. — *Il n'y a dans* $\mathfrak{D}_0$ *aucun antécédent d'ordre un de l'origine autre que l'origine même.* On montre alors aisément qu'un point quelconque de $\mathfrak{D}_0$ n'a qu'un antécédent d'ordre un dans $\mathfrak{D}_0$. La substitution S^{-1} est uniforme dans $\mathfrak{D}_0$. Les fonctions de Schrœder aux multiplicateurs s et σ, fonc-

tions inverses des fonctions méromorphes de M. Picard, sont, lorsqu'elles existent, uniformes dans $\mathcal{D}_0$ qui est leur domaine d'existence. Il n'y a, dans $\mathcal{D}_0$, aucun point double ou cycle de S autre que l'origine, le lien algébrique $\frac{D(X, Y)}{D(x, y)} = 0$ ne peut traverser $\mathcal{D}_0$.

La substitution S n'étant pas birationnelle, $\mathcal{D}_0$ aura au moins un domaine antécédent $\mathcal{D}_{-1}$ qui lui sera extérieur, par conséquent il aura au moins un domaine $\mathcal{D}_{-2}$ antécédent d'ordre 2, extérieur à $\mathcal{D}_0$ et $\mathcal{D}_1$ etc., au moins un domaine $\mathcal{D}_{-n}$ antécédent d'ordre n, extérieur à $\mathcal{D}_0, \mathcal{D}_{-1}, \ldots, \mathcal{D}_{-(n-1)}$. $\mathcal{D}_0$ ne peut donc remplir qu'une partie de l'E_4, une infinité de domaines distincts, antécédents de $\mathcal{D}_0$, devant exister simultanément avec $\mathcal{D}_0$.

Si l'un des domaines Δ_k envisagés au n° 1 contient un point double ou un point d'un cycle de S, ou un point tel que $\frac{D(X,Y)}{D(x,y)} = 0$, ce premier cas doit être écarté.

3. Deuxième cas. — $\mathcal{D}_0$ *contient un antécédent* O_{-1} *de* O, *d'ordre un, distinct de* O. — Alors il existe dans Δ un certain antécédent O_{-k} de l'origine, quelque petit que soit Δ $[O_{-k} \neq 0]$. Δ_{-l}, antécédent de Δ par la branche de S^{-l} nulle à l'origine, tend vers O quand l devient infini. La branche de S^{-k} qui donne O_{-k} en O, transformera donc Δ_{-l} en un domaine fermé Δ_{-k-l} entourant O_{-k} et qui sera arbitrairement petit pourvu que l soit assez grand [cette branche peut n'être pas uniforme dans Δ_{-l}] : On peut donc supposer Δ_{-k-l} *intérieur à* Δ. S^{-k-l} transforme donc Δ en Δ_{-k-l}, les frontières se correspondant, Δ_{-k-l} étant assez petit pour que *son diamètre soit inférieur à la plus courte distance des frontières de* Δ *et* Δ_{-k-l}.

Soit alors $[x, y \mid X_{k+l}, Y_{k+l}]$ la substitution S^{k+l} et considérons la fonction

$$f(x_1, x_2, y_1, y_2) = |X_{k+l} - x|^2 + |Y_{k+l} - y|^2.$$

Elle est continue, positive dans Δ_{-k-l} et elle est bornée. Elle atteint son minimum en quelque point de Δ_{-k-l}. f est le carré de la distance du point $P(x, y)$ au point P_{k+l}. Un point Π intérieur à Δ_{-k-l} ayant un antécédent Π_{-k-l} intérieur à Δ_{-k-l}, la distance $\overline{\Pi_{-k-l}\Pi}$ sera inférieure au diamètre de Δ_{-k-l}, donc à la plus courte distance des frontières de Δ_{-k-l} et Δ. *Le minimum de f n'est donc pas atteint sur la frontière de* Δ_{-k-l}. *Il ne peut être atteint en un point intérieur* C *que si ce minimum est nul*, par conséquent en un point où

$$X_{k+l} - x = Y_{k+l} - y = 0.$$

Car l'hypothèse contraire entraînerait, au voisinage de C, l'existence de

points où $|X_{k+l} - x|$ et $|Y_{k+l} - y|$ auraient simultanément des valeurs inférieures à celles qu'elles ont en C. On a ainsi prouvé *l'existence dans* Δ_{-k-l} *d'un point* C *appartenant à un cycle de* S.

O est limite de cycles de S; tout antécédent de O, intérieur à $\mathfrak{D}_0$, l'est aussi. O étant limite pour ses antécédents, l'ensemble dérivé des antécédents de O dans $\mathfrak{D}_0$ contient tous les antécédents de O; il est *parfait*. Appelons-le $E'_{\mathfrak{D}_0}$ par analogie avec celui que j'ai appelé E' dans le cas d'une variable. Les cycles de S sont partout denses dans $E'_{\mathfrak{D}_0}$, comme les antécédents de O. $E'_{\mathfrak{D}_0}$ est invariant par S et par toutes les branches de S^{-1} qui respectent l'intérieur de $\mathfrak{D}_0$. Un domaine arbitrairement petit entourant un point de $E'_{\mathfrak{D}_0}$ engendre par itération indéfinie tout le domaine $\mathfrak{D}_0$. $E'_{\mathfrak{D}_0}$ a donc la même structure dans toutes ses parties et toutes les structures sont possibles comme le montre le cas de la substitution $[z, z_1 | R(z), R_1(z_1)]$ à variables séparées. Tout point de $E'_{\mathfrak{D}_0}$ est point singulier essentiel de l'itération de S, car aucun couple de fonctions $(X_{n_p} Y_{n_p})$, itérées d'ordre n_p de (x, y), ne peut avoir pour limite un couple (ξ, η), analytique en x, y dans un petit domaine entourant un point de $E'_{\mathfrak{D}_0}$, puisque les δ_{n_p} ont pour limite $\mathfrak{D}_0$ quelque petit que soit δ. Un point double ou cycle attractif (multiplicateurs tous < 1 en module) n'appartiendra pas à $E'_{\mathfrak{D}_0}$. Les points doubles ou cycles indifférents (un multiplicateur > 1 et l'autre < 1 en module) sont aussi des points singuliers essentiels de l'itération de S. On voit que les propriétés des singularités de l'itération à une variable s'étendent au cas présent, *en restant dans* $\mathfrak{D}_0$. Il s'y ajoute un élément nouveau par la considération des courbes ou des cycles de courbes invariants par S dont on sait l'existence au voisinage des points doubles ou des cycles de points de S. Tous les exemples effectifs que j'ai pu étudier jusqu'ici sont du deuxième cas. Il serait intéressant de savoir si le premier cas doit toujours être écarté ou d'avoir un exemple effectif de ce cas.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions rationnelles permutables.* Note de M. J.-F. Ritt.

M. Julia a considéré, dans un Mémoire récent (¹), le problème de déterminer tous les couples de fonctions rationnelles, $\Phi(z)$ et $\Psi(z)$, telles que

$$\Phi[\Psi(z)] = \Psi[\Phi(z)].$$

(¹) *Annales de l'École Normale supérieure*, 1922.

J'étudie depuis quelques années une question plus générale que celle-ci, sur la résolution des fonctions rationnelles en fonctions dites « premières », question que j'ai résolue complètement pour les polynomes [1]. Pour les fonctions fractionnaires, je suis parvenu, relativement au problème plus restreint de la permutabilité, à des résultats plus précis que ceux de M. Julia.

Je distingue, comme M. Julia, les fonctions indépendantes et les fonctions dépendantes. Deux fonctions $\Phi(z)$ et $\Psi(z)$ sont dites dépendantes s'il existe deux indices, p et q, pour lesquels les itérées $\Phi_p(z)$ et $\Psi_q(z)$ sont égales. Je démontre que, si $\Phi(z)$ et $\Psi(z)$ sont permutables et indépendantes, il existe une fonction méromorphe $f(z)$ simplement ou doublement périodique, et des nombres m, n, a et b, tels que

$$f(mz+a)=\Phi[f(z)], \qquad f(nz+b)=\Psi[f(z)].$$

Les choix possibles de $f(z)$ sont les fonctions linéaires de e^z, $\cos z$, $\wp(z)$; dans le cas lemniscatique $(g_3=0)$, $\wp^2(z)$; dans le cas équianharmonique $(g_2=0)$, $\wp'(z)$ et $\wp^3(z)$.

Les polynomes permutables et dépendants sont donnés (à des fonctions linéaires près) par les formules

$$\Phi(z)=\varepsilon^p\,G_m(z), \qquad \Psi(z)=\varepsilon^q\,G_n(z),$$

où $G_i(z)$ est l'itérée $i^{\text{ième}}$ d'un polynome

$$G(z)=zg(z^r),$$

$g(z)$ étant un polynome quelconque. De plus, $\varepsilon^r=1$.

Quant aux fractions permutables et dépendantes, elles s'obtiennent toutes en partant des fonctions de la forme $zR(z^r)$, par un procédé facile à décrire, mais qui laisse quelque chose à désirer relativement à la forme des résultats. Il y a des fonctions permutables de cette espèce qui ne viennent ni des formules de multiplication des fonctions périodiques, ni de l'itération d'une fonction.

---

(1) *Prime and composite polynomials* (*Transactions of the American Mathematical Society*, 1922).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Une méthode spéciale d'intégration des équations aux dérivées partielles du premier ordre.* Note de M. **G. V. Pfeiffer**, présentée par M. Appell.

Dans l'intégration des équations différentielles ordinaires, on connaît des cas où l'intégration de l'équation ou du système d'équations dépend de la recherche d'une solution particulière d'une autre équation, d'un autre système d'équations, par exemple : l'intégration d'une équation du premier ordre et du premier degré est liée à la recherche d'un facteur intégrant d'Euler, présentant une solution particulière d'une équation aux dérivées partielles du premier ordre.

Dans la plupart des cas, les équations, les systèmes d'équations donnés sont plus simples que les équations, les systèmes d'équations dont il est nécessaire de trouver les solutions particulières.

Un cas pareil se présente dans l'intégration des équations et des systèmes d'équations aux dérivées partielles du premier ordre; il constitue le fond de « la méthode spéciale d'intégration... », établie par nous. L'intégration des équations et des systèmes d'équations aux dérivées partielles du premier ordre, possédant l'intégrale de Lie, est liée avec la recherche de la solution particulière d'un système d'équations linéaires aux dérivées partielles du premier ordre à plusieurs fonctions inconnues.

Cette question est déjà plus compliquée.

Le cas d'une fonction inconnue est le plus intéressant.

Pour les équations ou les systèmes d'équations aux dérivées partielles du premier ordre, ne possédant pas les intégrales de Lie, « la méthode spéciale d'intégration... » lorsque $n > 2$ se réduit à la méthode de Lagrange et Charpit généralisée; lorsque $n = 2$, il se réduit à la méthode de Lagrange et Charpit.

L'intégration des équations et des systèmes d'équations possédant l'intégrale de Lie admet la séparation des variables d'Imchenetsky.

« La méthode spéciale d'intégration... » apporte un certain ordre à l'application de la séparation des variables aux équations ou systèmes d'équations mentionnés. En même temps il devient clair que l'intégration des équations ou des systèmes d'équations, possédant les intégrales de Lie, par la séparation des variables, d'après « la méthode spéciale d'intégration... », mène à l'intégration d'un système d'équations linéaires aux dérivées partielles du premier ordre.

« La méthode spéciale d'intégration... » a éclairci le point vague, mentionné par Mansion, de l'affirmation de Lie, que l'intégration des équations aux dérivées partielles du premier ordre de toutes les classes, sauf celles de la classe zéro, est équivalente à l'intégration de l'équation linéaire.

L'idée de « la méthode spéciale d'intégration... » s'est trouvée très féconde. Étant appliquée au système des équations linéaires aux dérivées partielles du premier ordre, elle a donné un moyen d'intégration très général et commode pour la pratique. Ce moyen permet de profiter de toute la largeur des combinaisons possibles de l'intégration.

« La méthode spéciale d'intégration... » nous a conduit aussi à un procédé d'intégration commode à la pratique, dans le domaine des systèmes jacobiens généralisés d'équations aux dérivées partielles du premier ordre.

Les variétés des dimensions supérieures dans beaucoup de cas peuvent être formées par un système de variétés linéaires de dimension moins élevée. Il arrive souvent qu'au lieu d'un, il y a plusieurs systèmes de variétés linéaires de dimension moindre, qui forment une variété de dimension supérieure.

Si nous regardons la variété dans l'espace

$$p_1, \quad p_2, \quad \ldots, \quad p_n$$

avec les coefficients qui sont fonctions de

$$z, \quad x_1, \quad x_2, \quad \ldots, \quad x_n,$$

alors comme on voit par l'exemple

$$\frac{p_1^2}{a^2} - \frac{p_1^2}{b^2} = 2cp_3,$$

$$K = 0, \qquad L + M = 0, \qquad L - M \neq 0, \qquad N = 0,$$

où

$$\begin{aligned}
K \equiv {} & \left(\frac{1}{b}\,\frac{\partial^2 a}{\partial x_2^2} - \frac{1}{a}\,\frac{\partial^2 b}{\partial x_1^2}\right) + \frac{1}{2c}\left(\frac{a}{b}\,\frac{\partial^2 c}{\partial x_2^2} - \frac{b}{a}\,\frac{\partial^2 c}{\partial x_1^2}\right) + \left(\frac{1}{a^2}\,\frac{\partial a}{\partial x_1}\,\frac{\partial b}{\partial x_2} - \frac{1}{b^2}\,\frac{\partial a}{\partial x_2}\,\frac{\partial b}{\partial x_2}\right) \\
& + \frac{1}{2c^2}\left[\frac{1}{a^2}\left(bc\,\frac{\partial a}{\partial x_1} + ab\,\frac{\partial c}{\partial x_1} - ac\,\frac{\partial b}{\partial x_1}\right)\right. \\
& \left. - \frac{1}{b^2}\left(ac\,\frac{\partial b}{\partial x_2} + ab\,\frac{\partial c}{\partial x_2} + bc\,\frac{\partial a}{\partial x_2}\right)\frac{\partial c}{\partial x_2}\right],
\end{aligned}$$

$$L \equiv \frac{\partial^2 a}{\partial x_2\,\partial x_3} + \frac{a}{2c}\,\frac{\partial^2 c}{\partial x_2\,\partial x_3} + \frac{1}{2bc}\,\frac{\partial c}{\partial x_2}\left(b\,\frac{\partial a}{\partial x_3} - a\,\frac{\partial b}{\partial x_3}\right) - \frac{a}{2c^2}\,\frac{\partial c}{\partial x_2}\,\frac{\partial c}{\partial x_3} - \frac{1}{b}\,\frac{\partial a}{\partial x_2}\,\frac{\partial b}{\partial x_3},$$

$$M \equiv \frac{\partial^2 b}{\partial x_1\,\partial x_3} + \frac{b}{2c}\,\frac{\partial^2 c}{\partial x_1\,\partial x_3} + \frac{1}{2ac}\,\frac{\partial c}{\partial x_1}\Big(b\,\frac{\partial a}{\partial x_3} - a\,\frac{\partial b}{\partial x_3} - \frac{b}{2c^2}\,\frac{\partial c}{\partial x_1}\,\frac{\partial c}{\partial x_3} - \frac{1}{a}\,\frac{\partial b}{\partial x_1}\,\frac{\partial a}{\partial x_3}\Big),$$

$$N \equiv \left(b\,\frac{\partial^2 a}{\partial x_3^2} - a\,\frac{\partial^2 b}{\partial x_3^2}\right) + \frac{1}{c}\left(b\,\frac{\partial a}{\partial x_3} - a\,\frac{\partial b}{\partial x_3}\right)\frac{\partial c}{\partial x_3};$$

l'existence de l'intégrale de Lie pour une des variétés linéaires formant la variété donnée, en général, n'amène pas l'existence de l'intégrale de Lie pour les autres variétés linéaires, formant la même variété.

Remarque sur la Note précédente.

M. APPELL fait remarquer que M. Saltykow vient d'exposer, sur le même sujet, une théorie complète dans ses conférences en Belgique.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur le calcul effectif d'une fonction quasi analytique dont on donne les dérivées en un point.* Note [1] de M. **TORSTEN CARLEMAN**, présentée par M. Émile Borel.

Soit $\alpha_1 \alpha_2 \ldots \alpha_n$ une suite de nombres positifs croissants. Nous dirons qu'une fonction $f(x)$ indéfiniment dérivable dans l'intervalle $(0, a)$ appartient à la classe C_α associée à cette suite s'il existe un nombre k tel qu'on ait

$$|f^{(\nu)}(x)| < k\alpha_\nu^\nu \qquad (\nu = 0, 1, 2, \ldots).$$

Il suit de cette définition que les fonctions $f_1 + f_2, f_1 f_2, \int f\,dx$ appartiennent à C_α si f_1, f_2, f sont des fonctions de C_α. Il en est de même de la dérivée f' si $\frac{\alpha_{n+1}}{\alpha_n}$ est une quantité bornée.

Si $\sum \frac{1}{\alpha_\nu}$ diverge, on sait, d'après un théorème de M. Denjoy [2] que chaque fonction $f(x)$ de la classe C_α est complètement déterminée par la connaissance des valeurs de $f(x)$ et de toutes ses dérivées en $x = 0$.

Écrivons

$$f^{(\nu)}(0) = C_\nu \qquad (\nu = 0, 1, \ldots).$$

Connaissant la suite C_ν, on peut calculer $f(x)$ de la manière suivante :

Soit $\beta_1 \beta_2 \ldots \beta_n$ une suite de nombres positifs croissants telle que $\sum\limits_\nu \frac{1}{\beta_\nu}$ diverge plus lentement que $\sum \frac{1}{\alpha_\nu}$. Prenons, pour fixer les idées, $\beta_\nu = \alpha_\nu \sum\limits_{q=1}^{\nu} \frac{1}{\alpha_q}$.

Cherchons le minimum J_n de l'expression

$$(1) \qquad \sum_{\nu=0}^{n} \frac{1}{\beta_\nu^{2\nu}} \int_0^1 [f^{(\nu)}(x)]^2\,dx,$$

(1) Séance du 3 janvier 1923.

(2) *Comptes rendus*, t. 173, 1921 p. 1329.

$f(x)$ étant assujettie aux conditions

(2) $$f^{(\nu)}(0) = C_\nu \qquad (\nu = 0, 1, \ldots, n-1),$$

on trouve que ce minimum est atteint par une fonction $f_n(x) = \sum_{p=0}^{n-1} f_{n,p}(x) C_p$ qui dépend linéairement des $C_\nu (\nu = 0, \ldots, n-1)$ et qui satisfait aux conditions (2). On démontre : S'il existe une fonction quasi analytique $F(x)$ de la classe C_α dans $(0, 1)$ ayant ses dérivées égales à C_ν en $x = 0$, il faut que $\lim_{n=\infty} f_n(x)$ existe et que l'on ait

$$\lim_{n=\infty} f_n(x) = F(x).$$

Il est facile d'en déduire le résultat suivant : il existe des constantes $a_\nu^{(n)}$ ne dépendant que de la suite $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_n, \ldots$ telles que chaque fonction quasi analytique de la classe C_α admette dans tout son domaine d'existence la représentation

$$F(x) = \lim_{n=\infty} \sum_{\nu=0}^{n} a_\nu^{(n)} \frac{F_\nu(\rho)}{\nu!} x^\nu.$$

En poursuivant cette méthode, j'ai démontré que l'on peut déterminer une suite de nombres entiers $n_1, n_2, \ldots, n_\nu, \ldots$ (ne dépendant que des $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_n, \ldots$) telle qu'il n'existe pas de fonction quasi analytique $F(x)$ de la classe C_α qui a, pour $x = 0$, les dérivées

$$F^{(p)}(0) = 0 \quad \text{pour} \quad p \neq n_\nu, \qquad F^{(p)}(0) = C_{n_\nu} \quad \text{pour} \quad p = n_\nu,$$

les quantités C_{n_ν} étant assujetties à la condition

$$\lim_{\nu=\infty} \sqrt[n_\nu]{\frac{|C_{n_\nu}|}{n!}} = \infty.$$

On doit à M. Hadamard le théorème suivant :

« La série de puissances

$$\sum a_\nu x^{n_\nu}$$

ne peut pas être prolongée analytiquement au delà du cercle de convergence si $\lim_{\nu=\infty} (n_{\nu+1} - n_\nu) = \infty$. »

On démontre qu'il n'y a pas non plus de prolongement quasi-analytique d'une classe donnée C si la croissance de la suite $n_1, n_2, \ldots, n_\nu, \ldots$ est suffisamment rapide.

Remarques sur la Note précédente de M. Torsten Carleman, par M. **Emile Borel** (1).

Les beaux résultats obtenus par M. Torsten Carleman apportent une contribution essentielle à la théorie générale des séries divergentes. Ils fournissent, en effet, une méthode de sommation régulière pour une catégorie étendue de séries de Taylor à rayon de convergence nul. Lorsqu'une telle série se déduit d'une série de fractions rationnelles dont les numérateurs vérifient des inégalités convenables, on possédait déjà une méthode de sommation valable sur une infinité de rayons pouvant former un ensemble dense; la méthode de M. Carleman est valable dans des cas plus généraux, au moins en apparence : il serait fort intéressant de donner un exemple effectif de cas où les fonctions de M. Carleman ne se ramènent pas à des séries de fractions rationnelles.

On pouvait se douter que, dans le cas du rayon de convergence nul comme dans le cas du rayon de convergence fini, le cas où le prolongement est impossible doit être regardé comme le plus général; mais cet énoncé un peu vague était difficile à préciser : le remarquable théorème de M. Carleman sur les séries à lacunes constitue un progrès très important vers cette précision.

Si l'on exclut les séries pour lesquelles tout prolongement est impossible, on peut se demander si l'on devra regarder comme le cas le plus général le prolongement dans une direction unique ou dans une infinité de directions denses (au moins dans certains angles). Cette question, *a priori*, n'a pas nécessairement un sens; en cherchant à lui en donner un, on serait conduit à approfondir la liaison entre les travaux de M. Carleman dans le domaine réel et la théorie des fonctions monogènes non analytiques de variable complexe.

On voit que la Note de M. Carleman, en même temps qu'elle résout des questions importantes posées depuis longtemps, suggère de nombreux problèmes non moins intéressants : c'est là la marque des plus éminentes qualités de l'analyste.

---

(1) Séance du 3 janvier 1923.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur les suites transfinies de nombres réels.* Note de M. **Paul Dienes**, présentée par M. Émile Borel.

1. Nous dirons qu'une suite est transfinie si elle contient une section du type ω des entiers positifs. En particulier, nous dirons qu'une suite transfinie S est *transdénombrable* si l'ensemble des termes n'est pas dénombrable, mais si chaque terme de la suite est précédé par une suite dénombrable de termes. L'intervalle (A, B) sera dit *cofinal* avec la suite S si, après n'importe quel terme de la suite S, il y a un terme situé dans l'intervalle (A, B). Si les intervalles $(C - \varepsilon, C + \varepsilon)$ pour ε quelconque sont cofinaux avec la suite envisagée, le point C sera appelé un point limite final de la suite. L'ensemble des points limites finaux sera dit l'ensemble limite final.

Théorème I. — *Une suite monotone de nombres réels différents est dénombrable.*

Supposons-la croissante. Si la suite est bornée, il n'y a qu'un nombre *fini*, *k*, de termes tels que $a_{i+1} - a_i > \varepsilon$, car la suite contient des termes supérieurs à $a_1 + k\varepsilon$. Si la suite n'est pas bornée, le nombre des termes entre deux entiers consécutifs est fini, ce qui démontre le théorème.

Application. — Quand on passe d'un ensemble dérivé $D^k E$ de l'ensemble E au dérivé $D^{k+1} E$, on écarte les points *isolés* de $D^k E$. Prenons un intervalle I_k, qui contient un point isolé de $D^k E$ et non pas de points de $D^{k+1} E$ et formons la somme ΣI_k. D'après le théorème I, il n'y a qu'un nombre dénombrable de I_k différents de zéro ce qui démontre le résultat classique qu'après un indice dénombrable, $D^k E$ est vide ou parfait.

2. Théorème II. — *Si une suite est cofinale avec l'intervalle* (A, B), *elle a un point limite final situé dans* (A, B).

En effet, d'après l'hypothèse, l'un au moins des intervalles $\left(A, A + \frac{B - A}{2}\right)$ et $\left(A + \frac{B - A}{2}, B\right)$ est cofinal avec la suite envisagée. En continuant la division, le procédé habituel déterminera un nombre C de l'intervalle (A, B) tel que chaque voisinage $(C - \varepsilon, C + \varepsilon)$ est cofinal avec la suite, ce qui montre que C est un point limite final.

Corollaire. — *Si une suite transdénombrable n'a aucun point limite final* (*non infini*), *elle est dénombrable.*

En effet, les termes de la suite situés entre deux entiers consécutifs forment un ensemble dénombrable, car dans le cas contraire la suite aurait un point limite final entre ces deux entiers.

Théorème III. — *Si une suite transdénombrable* A_n *a un seul point limite final* A, *il y a un indice dénombrable* N *tel que* $A_n = A$ *pour tous les indices* n *supérieurs à* N.

Considérons, en effet, la suite

$$\frac{1}{A - A_n}$$

en omettant les termes A_n égaux à A. La suite n'a aucun point limite final (non infini) de sorte que, d'après le corollaire, elle est dénombrable; ce qui prouve le théorème. Ce résultat met en évidence une propriété remarquable des suites transfinies. Elles ne peuvent converger, en effet, vers un nombre unique sinon par la répétition indéfinie du même nombre.

3. Théorème IV. — *L'ensemble limite final* L *d'une suite transfinie est fermé.*

Soit A_i une suite des points limites finaux tendant vers A. Nous avons à prouver que la suite est cofinale avec l'intervalle $(A - \eta, A + \eta)$ pour η quelconque. Mais la suite est cofinale avec les intervalles $(A_i - \varepsilon_i, A_i + \varepsilon_i)$ pour n'importe quelle suite ε_i. Nous pouvons donc supposer que, pour $i > n$, $\varepsilon_i + |A - A_i| < \eta$. De cette façon, l'intervalle $(A - \eta, A + \eta)$ contient à son intérieur les intervalles $(A_i - \varepsilon_i, A_i + \varepsilon_i)$ si $i > n$. Ce qui démontre la proposition.

Théorème V. — *Un point isolé* B *de* L *est répété cofinalement dans la suite, c'est-à-dire il y a après n'importe quel terme des termes* $A_n = B$.

Soient en effet, A et C les nombres les plus proches de L respectivement à gauche et à droite de B. (Ces deux nombres existent nécessairement car L est fermé.) Par hypothèse, aucun des points intérieurs des intervalles (A, B) et (B, C) n'est cofinal avec la suite envisagée. Par suite, si B n'était pas répété cofinalement, il y aurait un indice N_i tel que $(A + \varepsilon_i, B - \varepsilon_i)$ et $(B + \varepsilon_i, C - \varepsilon_i)$ $(i = 1, 2, \ldots, \omega)$ ne contiennent pas de termes A_n avec $n > N_i$. Il en résulte l'existence d'un indice N tel que la suite n'a pas de termes d'indice supérieur à N dans les intervalles (A, B) et (B, C). Par conséquent, si B n'était pas répété cofinalement, B ne pourrait pas être un point limite final.

4. Considérons maintenant le cas particulier où, après un terme suffisamment éloigné, toutes les suites partielles du type ω ont une limite (l'ordre des termes étant conservé). Une telle suite sera appelée *régulière.*

Théorème VI. — *Toute suite régulière a une limite finale.*

Supposons, en effet, qu'il y ait deux points limites A et B et prenons ε et η

tels que $\varepsilon + \eta < |A - B|$. Par hypothèse, la suite est cofinale avec les intervalles $(A - \varepsilon, A + \varepsilon)$ et $(B - \eta, B + \eta)$. Soit N un indice arbitrairement donné et considérons les sections A_ε et B_η de la suite $A_{N+1}, \ldots$ ne contenant respectivement que des points des intervalles $(A - \varepsilon, A + \varepsilon)$, $(B - \eta, B + \eta)$. Soient A_k et B_k les premiers termes des $k^{\text{ièmes}}$ sections A_ε et B_η. La suite $A_1, B_1, A_2, B_2, \ldots$ de type ω n'a pas de limite, c'est-à-dire la suite envisagée n'est pas régulière. Ce qui prouve la proposition.

Il en résulte en particulier qu'*une suite régulière transdénombrable est une suite dénombrable suivie par la répétition indéfinie du même nombre.*

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur les ensembles mesurables.* Note de M. **Tadé Wazewski**, présentée par M. Émile Borel.

M. Borel a introduit la notion des ensembles limites restreint et complet d'une suite infinie d'ensembles mesurables ([1]).

Voici leurs définitions :

$$\overline{\lim}\, F_\nu = (F_1 + F_2 + \ldots)(F_2 + F_3 + \ldots)(F_3 + F_4 + \ldots)\ldots,$$
$$\underline{\lim}\, F_\nu = F_1 F_2 F_3 \ldots + F_2 F_3 \ldots + F_3 F_4 \ldots + \ldots.$$

Bornons-nous aux sous-ensembles mesurables du segment (o, 1).

On a le théorème :

I. « De toute classe $\{F\}$ non dénombrable d'ensembles mesurables, on peut choisir une suite pour laquelle

$$\underline{\lim}\, F_\nu \,{}_{\text{“}}{=}^{\text{”}}\, \overline{\lim}\, F_\nu,$$

où „ " signifie que l'égalité a lieu à l'ensemble de mesure nulle près. »

M. Nikodym ([2]) a remarqué que la fonction

$$\rho(F_1, F_2) = \text{mesure}\,[(F_1 - F_2) + (F_2 - F_1)]$$

jouit des propriétés (α), (β), (γ), (P) :

(α) $\rho(F_1, F_2) = 0$ équivaut à $F_1 \,{}_{\text{“}}{=}^{\text{”}}\, F_2$,

(β) $\rho(F_1, F_2) = \rho(F_2, F_1)$,

(γ) $\rho(F_1, F_2) + \rho(F_2, F_3) \geqq \rho(F_1, F_3)$.

(P). Comme on le sait, cet « espace » fréchétien a une sous-classe dénom-

---

([1]) De la Vallée-Poussin, *Intégrales de Lebesgue*, p. 9.

([2]) Cette remarque n'a pas été publiée.

brable dense sur lui (par exemple la classe des segments aux extrémités rationnelles et de leurs sommes finies).

On peut démontrer les théorèmes (paraissant être nouveaux) suivants :

II. La condition nécessaire et suffisante qu'il existe F, tel que

$$\lim \rho(F_\nu, F) = 0,$$

est qu'à tout $\varepsilon > 0$ corresponde un nombre N naturel, tel que

$$\rho(F_N, F_{N+u}) \leqq \varepsilon \qquad (u = 1, 2, \ldots).$$

(Condition de convergence de Cauchy.)

III. Dans toute classe non dénombrable on peut choisir une suite convergente au sens précédent.

C'est une conséquence de (P) et II.

IV. Si $\lim \rho(F_\nu, F) = 0$, alors il existe une suite particulière $F_{\alpha_1}, F_{\alpha_2}, \ldots$ pour laquelle

$$\overline{\lim} F_{\alpha_\nu u} = \text{"} \underline{\lim} F_{\alpha_\nu u} = \text{"} F.$$

De III et IV résulte I.

L'hypothèse que la classe $\{F\}$ intervenant dans I et III est non dénombrable est essentielle. Il suffit par exemple de poser $\{F\} = \{F_\nu\}$, où F_ν est la somme des intervalles pairs de la division du segment $(0, 1)$ en 2ν segments égaux, pour que I et III se trouvent en défaut.

La généralisation à l'espace à n dimensions est immédiate.

GÉOMÉTRIE ANALYTIQUE. — *Sur les courbes définies par des suites récurrentes.* Note [1] de M. G. **Bratu**, présentée par M. Appell.

1. Dans une Note antérieure [2], je me suis occupé d'une classe de courbes qui, par leurs ordonnées équidistantes, donnent des suites satisfaisant à une même relation de récurrence. Ce sont les courbes polynomiales

$$(1) \qquad y = P(x) = A_0 x^p + A_1 x^{p-1} + \ldots + A_p$$

qui, pour $x = x_0, x_0 + h, x_0 + 2h, \ldots, x_0 + nh, \ldots$, définissent des *suites polynomiales* d'ordre p

$$(2) \qquad u_0, \quad u_1, \quad u_2, \quad \ldots, \quad u_n, \quad \ldots$$

satisfaisant à la relation de récurrence $\Delta^{p+1} u_n = 0$.

(1) Séance du 3 janvier 1923.

(2) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 562.

Toutes ces suites sont des solutions du problème de M. Pompeiu et parmi elles, pour $p=1$ et $p=2$, on trouve les *progressions arithmétiques* et les *suites paraboliques*.

2. Ces considérations m'ont conduit à des formules, aussi simples que générales, pour l'interpolation et pour le calcul de la somme des n termes quelconques de la suite.

Une suite polynomiale d'ordre p peut être déterminée par $p+1$ termes *quelconques* u_α, u_β, ..., u_λ et leurs rangs. Le terme général u_n est donné, dans ce cas, par la formule

$$(3)\qquad \begin{vmatrix} u_\alpha & \alpha^p & \alpha^{p-1} & \dots & \alpha & 1 \\ u_\beta & \beta^p & \beta^{p-1} & \dots & \beta & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ u_\lambda & \lambda^p & \lambda^{p-1} & \dots & \lambda & 1 \\ u_n & n^p & n^{p-1} & \dots & n & 1 \end{vmatrix} = 0.$$

On en déduit immédiatement la formule qui donne la somme S_n des n termes quelconques de la suite (2). C'est la formule (3), où l'on doit remplacer la dernière ligne du déterminant par

$$S_n \quad \Sigma r_i^p \quad \Sigma r_i^{p-1} \quad \dots \quad \Sigma r_i \quad n+1$$

$r_0, r_1, r_2, \dots, r_n$ désignant *les rangs* des termes dont la somme est S_n et

$$\Sigma r_i^k = r_0^k + r_1^k + \dots + r_n^k.$$

Pour avoir le terme général u_n à l'aide des $p+1$ premiers termes, il suffit de prendre, pour $\alpha, \beta, \dots, \lambda$, la suite $0, 1, 2, \dots, p$. De même, pour avoir la somme S_n des $n+1$ premiers termes de la suite (2), il suffit de prendre, pour $r_0, r_1, r_2, \dots, r_n$, les nombres $0, 1, 2, \dots, n$.

En développant le déterminant (3), on trouve

$$u_n = \sum \frac{(n-\beta)(n-\gamma)\dots(n-\lambda)}{(\alpha-\beta)(\alpha-\gamma)\dots(\alpha-\lambda)} u_\alpha,$$

où, pour obtenir tous les termes de la somme, on doit permuter circulairement les lettres $\alpha, \beta, \dots, \lambda$. Nous retrouvons ainsi *la formule d'interpolation de Lagrange*.

Le problème d'insérer des moyens polynomiaux d'ordre p, entre deux nombres donnés, est indéterminé. Mais si l'on donne $p+1$ nombres a, b, c, ..., k, l et si l'on veut insérer des moyens polynomiaux d'ordre p : μ entre a et b, ν entre b et c, ..., σ entre k et l, le problème est déterminé et résolu

par la formule (3), où l'on doit faire

$$u_\alpha = a, \quad u_\beta = b, \quad \ldots, \quad u_\lambda = l,$$
$$\alpha = 0, \quad \beta = \mu + 1, \quad \gamma = \mu + \nu + 2, \quad \ldots, \quad \lambda = \mu + \nu + \ldots + \sigma + p.$$

3. *Généralisation des progressions géométriques.* — Étant donnée la suite

(4) $$u_0, \quad u_1, \quad u_2, \quad \ldots, \quad u_n, \quad \ldots,$$

on peut former les quotients de différents ordres

$$Q u_n = \frac{u_{n+1}}{u_n}, \qquad Q^2 u_n = \frac{Q u_{n+1}}{Q u_n}, \qquad \ldots, \qquad Q^{p+1} u_n = \frac{Q^p u_{n+1}}{Q^p u_n}.$$

Si $Q u_n = \text{const.}$, ou si $Q^2 u_n = 1$, quel que soit n, la suite (4) est une progression géométrique. En général, si $Q^{p+1} u_n$ est le premier quotient égal à *un* quel que soit n, nous dirons que la suite (4) est une progression géométrique généralisée d'ordre p.

En prenant les logarithmes naturels de ses termes

(5) $$v_0 = \log u_0, \quad v_1 = \log u_1, \quad \ldots, \quad v_n = \log u_n, \quad \ldots,$$

si Δ^p désigne la différence d'ordre p, on trouve, en général,

$$\log Q^p u_n = \Delta^p v_n.$$

Donc si la suite (5) est une suite polynomiale d'ordre p, on a, pour la suite (4), $Q^{p+1} u_n = 1$, c'est-à-dire

$$u_{n+p-1} (u_{n+p-1})^{\binom{p+1}{2}} (u_{n+p-3})^{\binom{p+1}{4}} \ldots = (u_{n+p})^{\binom{p+1}{1}} (u_{n+p+2})^{\binom{p+1}{3}} \ldots,$$

où $\binom{p+1}{k} = C_{p+1}^k$ avec $k \leqq p + 1$.

Si les points $P_n(x_0 + nh, v_n)$ se trouvent sur la courbe polynomiale $y = P(x)$ de degré p, les points $M_n(x_0 + nh, u_n)$ sont situés sur la courbe exponentielle d'ordre $p : y = e^{P(x)}$.

En général, les courbes $u = a^{P(x)}$, $v = b^u$, $w = c^v$, ... définissent par leurs ordonnées équidistantes des suites récurrentes satisfaisant toutes aux conditions de M. Pompeiu; ce sont *les suites exponentielles*, *biexponentielles*, ..., *polyexponentielles* d'ordre p.

4. *Suites hyperboliques.* - Soit $y_n = \frac{1}{z_n}$. Si la suite des y_n est rectiligne, on a

$$y_{n+2} - 2 y_{n+1} + y_n = 0,$$

ce qui donne pour les z_n la relation de récurrence

$$\frac{1}{z_{n+2}} - \frac{2}{z_{n+1}} + \frac{1}{z_n} = 0.$$

Donc z_{n+1} est la moyenne harmonique entre z_n et z_{n+2}.

Si les points $(x_0 + nh, y_n)$ se trouvent sur la droite $y = Ax + B$, les points $(x_0 + nh, z_n)$ sont situés sur l'hyperbole

$$z = \frac{1}{Ax + B}.$$

La suite des z_n est une *suite hyperbolique*.

En général, si les y_n forment une suite polynomiale d'ordre p définie par la courbe $y = P(x)$, les z_n forment une suite hyperbolique d'ordre p définie par des ordonnées équidistantes de l'hyperbole généralisée

$$y = \frac{1}{P(x)}.$$

Chacune de ces suites récurrentes, ainsi que leurs suites interpolées, définissent, par des ordonnées équidistantes, une même courbe plane C. Elles sont donc toutes des solutions du problème de M. Pompeiu.

GÉOMÉTRIE. — *Quelques propriétés des réseaux cubiques tracés sur une sphère.* Note de M. J. **Chuard**, présentée par M. Hadamard.

Nous envisageons, dans ce qui suit, une carte composée de pays simplement connexes, sur une sphère, et nous imaginons que l'ensemble des frontières des pays constitue un réseau homogène de degré 3, soit un réseau cubique.

Le segment de ligne frontière à deux pays contigus est une arête. Les extrémités d'une arête sont des sommets.

Le réseau cubique considéré ne comprend pas d'isthme. Il est réductible (théorème de Petersen) en deux autres réseaux homogènes, l'un quadratique et l'autre linéaire. Chacun de ces derniers emprunte tous les sommets de la carte.

Soient α_0, α_1, α_2 les nombres respectifs des sommets, arêtes et pays. On a les égalités

$$\alpha_1 - \alpha_0 = \frac{\alpha_0}{2} = \frac{\alpha_1}{3} = \alpha_2 - 2.$$

Le nombre des réductions du réseau initial n'est en général pas connu. Nous nous proposons tout d'abord d'indiquer un moyen d'obtenir toutes ces réductions.

Utilisons pour cela la méthode de M. Veblen [1], laquelle consiste à établir, en correspondance avec la carte, deux matrices : les matrices A et B. Désignons les sommets par les symboles a_i^0 ($i = 1, 2, \ldots, \alpha_0$), les arêtes par a_j^1 ($j = 1, 2, \ldots, \alpha_1$) et les pays par a_k^2 ($k = 1, 2, \ldots, \alpha_2$).

Les lignes de la matrice A correspondent aux sommets, ses colonnes aux arêtes de la carte. Ses nombres ε_{ij}^1 sont 0 ou 1. ε_{ij}^1 a pour valeur 1 si le sommet a_i^0 est à l'une des extrémités de l'arête a_j^1; il est nul dans tous les autres cas.

Les lignes de la matrice B correspondent aux arêtes, ses colonnes aux pays. Cette matrice contient des nombres ε_{jk}^2. Un ε_{jk}^2 est égal à 1 si l'arête a_j^1 est frontière de la face a_k^2; il est nul dans le cas contraire.

En correspondance avec les lignes de la matrice A, on établit le système d'équations linéaires et homogènes

$$(1) \qquad \sum_{j=1}^{\alpha_1} \varepsilon_{ij}^1 x_j = 0 \qquad (i = 1, 2, \ldots, \alpha_0).$$

On résout ce système en faisant l'hypothèse que la valeur des inconnues, de même que celle de leurs coefficients, est toujours un entier réduit selon le module 2. Cette valeur est ainsi soit 0, soit 1.

Or on a les propositions suivantes :

I. *Il existe* $\alpha_1 - \alpha_0 + 1 = \alpha_2 - 1$ *solutions linéairement indépendantes.*

II. *Le nombre total des solutions du système* (1) *est* 2^{α_2-1}.

III. *Chaque colonne de la matrice* B *définit une solution du système* (1).

IV. $\alpha_2 - 1$ *colonnes de la matrice* B *constituent un système fondamental de solutions du système* (1).

V. *A tout contour fermé constitué par des arêtes du réseau, correspond une solution du système* (1).

VI. *A toute solution du système* (1), *correspond un contour fermé ou un ensemble de contours fermés.*

Dans ce dernier cas, puisque le réseau initial est cubique, deux contours fermés constituant une même solution ne se rencontrent pas.

Parmi toutes les solutions du système (1), celles que nous retenons plus

(1) O. Veblen, *An application of modular equations in Analysis situs* (*Annals of mathematics*, 1912, p. 86).

spécialement sont celles qui renferment α_0 valeurs différentes de zéro. A chacune d'elles correspond un contour fermé ou un ensemble de contours fermés comprenant α_0 arêtes, et passant, par suite, par les α_0 sommets de la carte. Une telle solution définit un réseau quadratique. Les $\frac{\alpha_0}{2}$ arêtes restantes, celles qui correspondent aux valeurs nulles des inconnues, forment le réseau linéaire. Ainsi :

Le nombre des réductions du réseau cubique considéré est égal à celui des solutions du système (1) *qui renferment* α_0 *valeurs égales à* 1.

Le nombre total des solutions du système (1) étant fini, on a le loisir d'obtenir toutes ces réductions.

En vue de la coloration de la carte à l'aide de quatre couleurs, on peut classer les réseaux quadratiques obtenus plus haut en trois types, suivant qu'ils comprennent :

a. Un contour fermé unique;

b. Deux ou plusieurs contours fermés, chacun d'eux renfermant un nombre pair d'éléments : sommets ou arêtes;

c. Deux ou plusieurs contours fermés parmi lesquels il en est qui renferment un nombre impair d'éléments (ces derniers existent par paire, puisque α_0 est pair).

On a enfin la proposition :

L'existence d'un seul réseau des types a ou b suffit à assurer la coloration de la carte avec quatre couleurs.

GÉOMÉTRIE APPLIQUÉE. — *Sur les mouvements infiniment petits en un point d'un corps élastique admettant un plan de symétrie.* Note [1] de M. **David Wolkowitsch**, présentée par M. d'Ocagne.

En vue de la détermination des efforts et des déformations en tout point d'un corps élastique admettant un plan de symétrie, nous avons établi une théorie purement géométrique, fondée sur la notion de complexe, que nous nous réservons de développer dans un Mémoire spécial. Les principaux résultats auxquels conduit cette théorie peuvent être résumés comme suit :

Tout mouvement, infiniment petit en un point du plan de symétrie P_0, peut se représenter par deux vecteurs rotations; l'un, normal au plan P_0,

[1] Séance du 3 janvier 1923.

représente la *rotation normale*, l'autre, contenu dans ce plan, représente la *rotation tangentielle*.

Ces deux vecteurs se rencontrent pour certaines forces de l'espace; dans ce cas le mouvement peut être représenté par une rotation unique. Nous appelons *monogyres* les lignes d'action de ces forces elles-mêmes.

Les droites monogyres constituent un complexe du second ordre, du type tétraédral, comme on le verra plus loin.

La trace sur le plan P_0, de la rotation normale produite par une force donnée, est, par rapport à une certaine ellipse E du plan, l'antipôle de la projection de la force sur le plan P_0 (Ritter, Marbec); la rotation tangentielle est, par rapport à une deuxième ellipse E' du plan P_0, l'antipolaire de la trace de la force sur le plan [1]

I. Toute droite du plan P_0 appartient au complexe, ainsi que toute droite normale à ce plan.

II. Les droites monogyres non situées dans le plan P_0 et passant par un point *c* du plan, sont contenues dans un plan normal au plan P_0 et ayant pour trace l'antipolaire C, par rapport à l'ellipse E, du point d'intersection des deux antipolaires du point *c* par rapport aux deux ellipses E et E'.

Le point *c* sera dit le *foyer* de la droite C.

III. Les droites monogyres contenues dans un plan normal au plan P_0, passent par un point *c*, foyer de la trace C du plan normal, et qui est, par rapport à l'ellipse E', l'antipôle de la droite qui joint les deux antipôles de la droite C par rapport aux deux ellipses E et E'.

IV. Si la droite C tourne autour d'un point fixe D, son foyer *c* décrit une conique, et les droites dont les foyers sont sur une droite enveloppent une conique.

V. Les droites monogyres qui passent par un point de l'espace sont sur un cône du second degré. Les cônes du complexe relatifs aux points d'une normale au plan P_0 ont une base commune sur ce plan.

Les forces monogyres contenues dans un plan enveloppent une conique. Les coniques du complexe relatives aux plans qui ont une trace commune sur le plan P_0 sont situées sur un même cylindre du second degré normal à ce plan.

VI. *Points singuliers:* Le point à l'infini p_0 sur la normale au plan P_0 est un point singulier. Les trois antipôles doubles P_1, P_2, P_3 relatifs aux deux ellipses E et E' (points ayant les mêmes antipolaires par

---

[1] Voir une Note de l'auteur dans la *Technique moderne*, septembre 1922.

rapport aux coniques) sont également trois points singuliers. Toute droite de l'espace passant par l'un de ces points fait partie du complexe qui est par suite tétraédral, le tétraèdre fondamental étant ici un prisme normal au plan P_0.

Plans singuliers : Les plans P_1, P_2, P_3 normaux au plan P_0 et ayant pour traces les droites p_2p_3, p_3p_1, p_1p_2 sont des plans singuliers; toute droite contenue dans ces plans est monogyre.

A toute force passant par le point p_1, par exemple, correspond une rotation unique contenue dans le plan P_1.

Dans chaque plan singulier P_1, il existe deux ellipses jouissant des mêmes propriétés que les ellipses E et E′, et anticonjuguées par rapport au triangle $p_2p_3p_0$. L'un des plans singuliers peut être substitué au plan P_0 pour l'étude des mouvements élastiques au point B.

VII. Les rotations correspondant aux forces monogyres passant par un point S de l'espace constituent une semi-quadrique (*hyperboloïde adjoint au point* S).

Les hyperboloïdes adjoints à tous les points de l'espace sont inscrits dans le prisme fondamental.

De même il existe un hyperboloïde adjoint à tout plan de l'espace, et les hyperboloïdes adjoints à tous les plans de l'espace sont circonscrits au prisme fondamental.

VIII. Si l'on se donne une rotation quelconque dans l'espace, on trouve que, pour la produire, il faut en général deux forces. Quand ce système de deux forces admet une résultante unique, la rotation ou l'axe qui la porte est dit *monodyne*.

Les droites monodynes forment un complexe du second ordre admettant le même prisme fondamental que le complexe des droites monogyres.

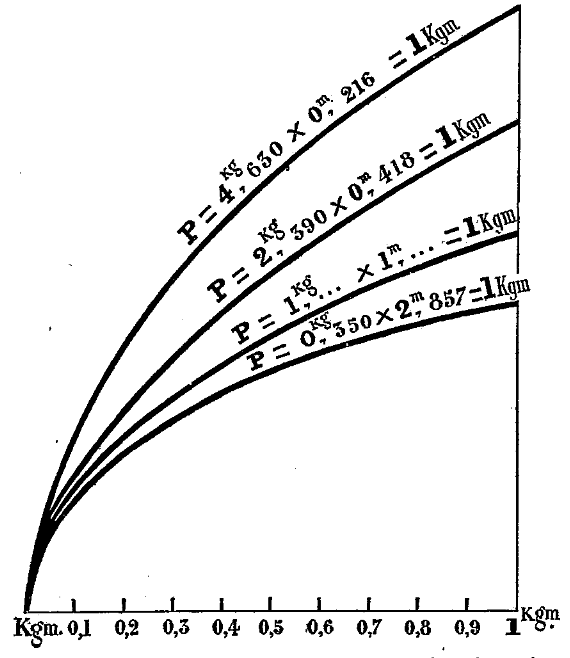
Les deux complexes résultent l'un de l'autre par une transformation homographique.

La semi-quadrique des forces correspondant aux droites monodynes passant par un point de l'espace est située sur l'hyperboloïde adjoint au même point défini précédemment; les forces et les rotations sont les génératrices des deux systèmes de cet hyperboloïde.

MÉCANIQUE. — *Influence de la vitesse d'impact dans le tarage des ressorts dynamométriques.* Note de M. **Charles Frémont**, présentée par M. L. Lecornu.

Pour mesurer l'intensité d'un choc on emploie les crushers métalliques ou les ressorts dynamométriques.

La déformation du crusher et la flexion du ressort sont influencées par la vitesse d'impact; il faut donc tarer les crushers et les ressorts par des chocs



Graphique du tarage d'un ressort dynamométrique sous des chocs de même intensité produits par des marteaux de poids différents.
En abscisses : l'intensité du choc de 0,1 à 1^{kgm}; en ordonnées : la flèche correspondante (amplifiée).

dont la vitesse d'impact diffère peu de celle des chocs qu'ils auront à mesurer.

Pour me renseigner sur l'ordre de grandeur des écarts possibles, au moins dans certains cas, j'ai effectué des essais de tarage d'un même ressort (1) subissant des chocs d'une même intensité, mais produits par des

(1) Ce ressort à boudin a les caractéristiques suivantes : acier carré de 14^{mm}; diamètre extérieur de 58^{mm}; nombre de spires 15,5; hauteur totale 300^{mm}; poids $3^{kg},160$. En service ce ressort mesure des chocs allant jusqu'à 30^{kgm}.

marteaux de poids différents et tombant de hauteurs différentes mais telles que la quantité de travail produite soit la même dans tous ces essais.

J'ai employé successivement quatre marteaux pesant respectivement : $0^{kg},350$; 1^{kg}; $2^{kg},390$ et $4^{kg},630$; tombant, le premier, d'une hauteur de $2^{m},857$; le second de 1^{m}; le troisième de $0^{m},418$ et le quatrième de $0^{m},216$; de telle façon que l'intensité des chocs produits fût toujours de 1^{kgm}.

Pour construire le graphique des résultats, d'autres essais intermédiaires ont été effectués avec les mêmes marteaux, mais tombant de hauteurs calculées pour produire des chocs d'intensité croissant de $0^{kgm},1$ à 1^{kgm}.

De ces expériences il résulte que, *plus la vitesse d'impact est faible*, *plus la flèche d'affaissement du ressort est grande*.

Il n'y a pas lieu de tenir compte de la différence des poids, la flèche statique étant seulement de $\frac{1}{10}$ de millimètre pour le poids maximum.

On voit sur la figure que, pour l'intensité de 1^{kgm}, la flèche du ressort employé a, suivant la vitesse d'impact, varié du *simple au double*. (Pour 1^{kgm} elle a varié de 6^{mm} à 12^{mm}.)

La cause de cette anomalie est due à un phénomène d'inertie : le choc ne fait pas fléchir le ressort également dans toutes ses parties; les premiers éléments choqués fléchissent plus et les suivants de moins en moins.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations du Soleil faites à l'Observatoire de Lyon, pendant le troisième trimestre de* 1922. Note de M. **J. Guillaume**, présentée par M. B. Baillaud.

Les observations dans ce trimestre [1] se répartissent sur 86 jours, et voici les principaux faits qu'on en déduit :

Taches. — Au total, comparativement aux résultats précédents [2], le nombre des groupes enregistrés est sensiblement le même, avec 12 au lieu de 13, mais l'aire totale tachée a été supérieure d'un peu moins de moitié, avec 828 millionièmes au lieu de 578.

Les changements survenus dans leur répartition sont de 4 groupes en plus dans l'hémisphère austral (7 au lieu de 3) et de 5 groupes en moins dans l'autre hémisphère (5 au lieu de 10). On n'a enregistré aucune tache dans l'hémisphère boréal pendant le mois de septembre, ce qui ne s'était pas rencontré depuis juillet 1914, et, à l'époque correspondante, antérieurement au *minimum* de 1912, en juin 1910.

(1) Avec l'aide de Mlle Bloch.

(2) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 1192.

La latitude des groupes de taches, dans l'ensemble, a diminué de très peu, on a, en effet, — 9°,6 au lieu de — 9°,7 et + 9°,0 au lieu de + 9°,5.

Les jours *sans tache* ont encore augmenté : il y en a eu 43 d'enregistrés, contre 38, d'où un nombre proportionnel de 0,50 au lieu de 0,48.

Régions d'activité. — Malgré le nombre un peu supérieur de groupes, 77 au lieu de 62, la surface moyenne totale des facules est très légèrement moindre, avec 36,2 millièmes au lieu de 39,2.

Leur répartition est de 23 groupes au lieu de 20 au sud de l'équateur, et 54 au lieu de 42 au nord.

TABLEAU I. — *Taches.*

Dates extrêmes d'observ.	Nombre d'observations.	Pass. au mér. central.	Latitudes moyennes. S.	Latitudes moyennes. N.	Surfaces moyennes réduites.
		Juillet. — 0,37.			
4-9	6	6,7		+9	16
10	1	10,6		+12	2
5-10	6	10,8	−10		15
8-12	5	12,8		+11	17
19-28	10	23,1	−7		228
25	1	25,4	−7		2
	30 j.		−8°,0	+10°,7	
		Août. — 0,62.			
6	1	6,8	−11		17
		Août (suite).			
3-6	4	8,5		+9	20
24-28	5	22,9	−11		275
28-30	3	26,2		+4	105
	29 j.		−11°,0	+6°,5	
		Septembre. — 0,52.			
13-23	11	18,8	−12		118
29-4	6	30,1	−9		13
	27 j.		−10°,5	»	

TABLEAU II. — *Distribution des taches en latitude.*

1922.	Sud. 90°-40°	40°-30°	30°-20°	20°-10°	10°-0°	Somme.	Nord. Somme.	0°-10°	10°-20°	20°-30°	30°-40°	40°-90°	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Juillet......	»	»	»	»	3	3	3	1	2	»	»	»	6	280
Août........	»	»	»	2	»	2	2	2	»	»	»	»	4	417
Septembre..	»	»	»	1	1	2	0	»	»	»	»	»	2	131
Totaux...	»	»	»	3	4	7	5	3	2	»	»	»	12	828

TABLEAU III. — *Distribution des facules en latitude.*

1922.	Sud. 90°-40°	40°-30°	30°-20°	20°-10°	10°-0°	Somme.	Nord. Somme.	0°-10°	10°-20°	20°-30°	30°-40°	40°-90°	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Juillet......	»	»	»	4	4	8	17	6	2	1	1	7	25	10,1
Août........	»	»	1	3	1	5	22	3	5	1	1	12	27	11,3
Septembre..	1	»	2	5	2	10	15	4	3	»	»	8	25	14,8
Totaux....	1	»	3	12	7	23	54	13	10	2	2	27	77	36,2

PHYSIQUE. — *Pouvoirs rotatoires naturel et magnétique.* Note [1] de M. **R. Lucas**, présentée par M. A. Haller.

Si l'on observe une substance douée d'activité naturelle et placée dans un champ magnétique suivant les lignes de force de ce champ, on constate que la substance acquiert un pouvoir rotatoire complexe.

La question se pose de savoir s'il y a purement et simplement additivité des pouvoirs rotatoires, ou s'il y a influence d'un des phénomènes sur l'autre.

Nous supposerons d'abord, dans le cas d'un fluide, par exemple, que le champ magnétique, par l'orientation moléculaire qu'il peut créer n'apporte qu'une modification négligeable sur les pouvoirs rotatoires, l'action du champ étant instantanée comme dans le phénomène de Zeeman.

L'équation du mouvement d'un ion optiquement actif et soumis au champ magnétique sera d'après Drude et Voigt

$$m\frac{\partial^2}{\partial t^2}(x,y,z)+\mathrm{K}(x,y,z)=e\left[h_{xyz}+f\,\mathrm{rot}\,h_{xyz}+\mu\left(\mathrm{H}_{zxy}\frac{\partial y,z,x}{\partial t}-\mathrm{H}_{yzx}\frac{\partial z,x,y}{\partial t}\right)\right],$$

e équivalant à trois équations, *m* et *e* désignent la masse et la charge de l'ion considéré, μ la perméabilité magnétique du milieu, K le coefficient élastique de rappel et $f\,\mathrm{rot}\,h_{xyz}$ le terme rendant compte du pouvoir rotatoire, *h* et H les champs électriques et magnétiques.

Si nous joignons à ces équations celles de Maxwell-Hertz nous aboutissons à cette conclusion que dans le milieu se propagent, sans altération suivant les lignes de force du champ magnétique, deux vibrations circulaires droite et gauche auxquelles correspondent deux vitesses $\frac{1}{p_1}$ et $\frac{1}{p_2}$ telles que p_1 et p_2 sont les racines des équations

$$p_1^2(1-\Phi\Sigma)+p_1 f\omega(1+\Phi)\Sigma-(\mathrm{K}_0+\Sigma)=0$$

et

$$p_2^2(1+\Phi\Sigma)-p_2 f\omega(1-\Phi)\Sigma-(\mathrm{K}_0+\Sigma)=0,$$

les racines positives seules pouvant convenir, K_0 étant le pouvoir inducteur spécifique du vide

$$\Phi=\frac{\mu\mathrm{H}e\omega}{\mathrm{K}-m\omega^2},\qquad \Sigma=\frac{4\pi\mathrm{N}e^2}{\mathrm{K}-m\omega^2-\mu\mathrm{H}e\Phi\omega}$$

et ω étant la pulsation de l'onde lumineuse. Quand l'onde a traversé l'épais-

---

[1] Séance du 3 janvier 1923.

seur z, le plan de polarisation primitif a tourné d'un angle

$$\alpha = \frac{z\omega}{2}(p_1 - p_2)$$

qui vaut

$$\alpha = \frac{z\omega}{2}\Bigg[-\Sigma f \omega \frac{1+\Phi^2\Sigma}{1-\Phi^2\Sigma^2} + \frac{(1+\Phi\Sigma)\sqrt{f^2\omega^2(1+\Phi)^2\Sigma^2+4(1+\Sigma)(1-\Phi\Sigma)} - (1-\Phi\Sigma)\sqrt{f^2\omega^2(1-\Phi)^2\Sigma^2+4(1+\Sigma)(1+\Phi\Sigma)}}{2(1-\Phi^2\Sigma^2)}\Bigg].$$

Lorsque H change de signe, Φ change de signe et la fraction

$$\frac{z\omega}{2}\,\frac{\left\{\begin{array}{c}(1+\Phi\Sigma)\sqrt{f^2\omega^2(1+\Phi)^2\Sigma^2+4(1+\Sigma)(1-\Phi\Sigma)} \\ -(1-\Phi\Sigma)\sqrt{f^2\omega^2(1-\Phi)^2\Sigma^2+4(1+\Sigma)(1+\Phi\Sigma)}\end{array}\right\}}{2(1-\Sigma^2\Phi^2)}$$

change de signe; cette quantité correspond au pouvoir rotatoire magnétique, qui est un peu différent de ce qu'il serait pour la même substance privée de pouvoir rotatoire naturel

$$\alpha' = \frac{z\omega}{2}\,\frac{(1+\Phi\Sigma)\sqrt{4(1+\Sigma)(1-\Phi\Sigma)} - (1-\Phi\Sigma)\sqrt{4(1+\Sigma)(1+\Phi\Sigma)}}{2(1-\Sigma^2\Phi)^2}.$$

A cause de la petitesse du terme $f^2\omega^2(1+\Phi)^2\Sigma^2$, il ne semble pas que la différence puisse être décelée expérimentalement. Le pouvoir rotatoire naturel

$$\frac{z}{2} f \omega^2 \Sigma \frac{1+\Phi^2\Sigma}{1-\Phi^2\Sigma^2}$$

ne diffère de celui qu'il avait en l'absence du champ magnétique que par un écart relatif impossible à mettre en évidence expérimentalement. Ceci justifie donc les méthodes de mesure où l'on admet une superposition simple des deux effets.

Nous allons envisager maintenant l'action du champ magnétique du point de vue de l'orientation. Son rôle sera de modifier simultanément le pouvoir rotatoire naturel et le pouvoir rotatoire magnétique.

Si l'on suppose, pour simplifier, que les molécules ont l'anisotropie de l'ellipsoïde de révolution tordu où le grand axe a la direction correspondant à l'activité optique, on trouve, comme conséquence des formules données par M. Langevin [1], que la variation relative de pouvoir rotatoire serait

$$\frac{\Delta\rho}{\rho} = \frac{3x\,\Delta H^2}{4RTc},$$

[1] *Le Radium*, t. 7, septembre 1910.

x étant la susceptibilité magnétique, c la concentration en molécule-gramme par unité de volume, Δ le coefficient de dissymétrie moléculaire inférieur à 1, R constante des gaz, H champ magnétique, T température absolue. Pour les plus grands champs réalisables, à température ordinaire, $\frac{\Delta\rho}{\rho}$ serait au plus de l'ordre de 10^{-5}. On pourrait établir de même la variation relative sous l'influence d'un champ électrique.

En ce qui concerne le pouvoir rotatoire magnétique, le liquide prend les propriétés d'un cristal uniaxe dont l'axe serait suivant le champ. Pour un rayon parallèle à celui-ci le milieu a un nouvel indice, l'indice ordinaire n_2, qui, dans le cas particulier envisagé précédemment, est lié à l'indice isotrope n_0 par la relation

$$n_2 - n_0 = -\frac{(n_0^2 - 1)(n_0^2 + 2)}{15 n_0} \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{\sigma_1 + 2\sigma_2} \frac{H^2 K}{RTc}$$

dans le cas où l'on a affaire à une substance paramagnétique où l'effet d'orientation est plus particulièrement important, avec

$$\sigma_1 = \sum \frac{e^2}{K_1 - m\omega^2}, \qquad \sigma_2 = \sum \frac{e^2}{K_2 - m\omega^2},$$

K_1 et K_2 étant les forces élastiques de rappel parallèlemen et transversalement à l'axe.

Si l'on adopte la formule

$$\alpha = z H \frac{e}{m} \frac{\lambda}{2v} \frac{dn}{d\lambda}$$

pour les rotations magnétiques, on voit que l'écart, à partir de la loi de Verdet, sera proportionnel au cube du champ magnétique et en raison inverse de la température absolue. Le degré de symétrie du phénomène exigeait du reste pour cet écart une fonction impaire du champ. Il est possible que cet écart puisse être observé dans des conditions expérimentales suffisamment bonnes. Je me réserve de faire des expériences au sujet de ces différents effets.

SPECTROSCOPIE. — *Sur la structure des spectres d'arc des éléments des colonnes VI et VII de la Table périodique* (I). Note de M. **A. Catalán** présentée par M. G. Urbain.

Nos investigations sur le spectre du manganèse ([1]) montrent que ses triplets diffus sont constitués par neuf raies (3 + 3 + 3 composantes) au lieu de six (3 + 2 + 1 composantes). Ceci est dû à ce que le terme diffus d est quintuple au lieu de triple. La Note présente a pour but de prouver qu'il n'y a pas là une particularité propre au manganèse, mais que d'autres éléments présentent également le terme d quintuple.

Bien entendu les éléments des colonnes II et IV de la Table périodique présentent le terme diffus triple dans leur spectre d'arc, ainsi que ceux de la colonne III dans leur spectre d'étincelle. D'après la règle de Sommerfeld ([2]) les spectres d'étincelle de la colonne V doivent donner des triplets, mais jusqu'à présent ils sont inconnus. Il nous reste donc à étudier la structure du terme diffus dans les éléments des colonnes VI et VII.

Chrome. — Son spectre d'arc est très complexe et présente plusieurs systèmes de séries. Deux de ceux-ci, que nous désignerons par A et B, déterminés maintenant pour la première fois, sont ceux qui figurent dans la Table.

Les deux systèmes sont presque identiques, et l'un est déplacé par rapport à l'autre d'une quantité constante $C = 4436',4$. Il faut observer que les termes diffus sont quintuples et donnent neuf raies (3 + 3 + 3 composantes) comme pour le manganèse. Les raies qui forment les membres des séries principales ont été classifiées par Gramont ([3]) comme raies ultimes. En outre de ces séries il y a des multiplets ([4]) formés par combinaison de termes triples et quintuples (*pd*), quintuples et quintuples (*dd*) et quintuples et septuples (*db*).

([1]) *Phil. Trans.*, t. 223, 1922, p. 127-173.

([2]) *Atombau und Spektrallinien*, 1922, p. 468.

([3]) *Comptes rendus*, t. 145, 1908, p. 376.

([4]) Catalan, *loc. cit.*

TABLE.

SYSTÈME A.

Série principale $1s - mp$.

λ.	Int.	ν.	Δν.	m.	$mp_{1,2,3}$.
4254,33	(10R)	23498,9	112,6	(1)	31142,0
74,80	(9R)	386,3	81,3		254,5
89,72	(9R)	305,0			335,9

Série étroite $2p - ms$.

$2p_1 = 31142,0$, $2p_2 = 31254,5$, $2p_3 = 31335,9$.

λ.	Int.	ν.	Δν.	m.	ms.
−4254,33	(10R)	−23498,9	112,6	(1)	54640,9
−4274,80	(9R)	−23386,3	81,4		
−4289,72	(9R)	−23305,0			
7462,34	(10)	13396,9	112,3	(2)	17745,1
7400,22	(9)	509,4	81,4		
7355,93	(9)	590,8			

Série nébuleuse $2p - md$.

$2p_1 = 31142,0$, $2p_2 = 31254,5$, $2p_3 = 31335,9$.

λ.	Int.	ν.	Δν.	m.	md.
5329,80	(2)	18757,2	2,3		
29,15	(5)	759,5	2,9		
28,34	(10)	762,4	112,5		$3d_1 = 12379,6$
5298,45	(calc.)	18868,2	1,5		$3d_2 =$ 382,5
98,02	(6)	869,7	2,3	(3)	$3d_3 =$ 384,7
97,39	(8)	872,0	81,8		$3d_4 =$ 386,4
5276,07	(7)	18948,3	1,1		$3d_5 =$ 387,6
75,76	(7)	949,4	2,1		
75,17	(6)	951,5			
4130,62	(calc.)	24203,5	2,9		
30,13	(calc.)	206,4	4,5		
29,36	(5)	210,9	112,5		$4d_1 =$ 6931,1
4111,82	(1)	24314,2	1,8		$4d_2 =$ 6935,6
11,51	(3)	316,0	2,9	(4)	$4d_3 =$ 6938,5
11,02	(4)	318,9	81,4		$4d_4 =$ 6940,3
4097,39	(3)	24394,2	1,3		$4d_5 =$ 6941,7
98,11	(3)	395,5	1,9		
99,80	(2)	397,4			

SYSTÈME B.

Principale $1s - (mp - C)$.

λ.	Int.	ν.	Δν.	m.	Constante de déplacement C.
3578,686	(10R)	27935,27	115,04	(1)	4436,4
3593,485	(9R)	820,23	91,40		
3605,330	(9R)	728,83			

Étroite $(2p - C) - ms$.

λ.	Int.	ν.	Δν.	m.	C.
−3578,686	(10R)	−27935,27	115,04	(1)	4436,4
−3593,485	(9R)	−27820,23	91,40		
−3605,330	(9R)	−27728,83			
11157,1	(9)	8960,4	115,2	(2)	4436,5
11015,5	(8)	9075,6	91,4		
10905,7	(6)	9167,0			

Nébuleuse $(2p - C) - md$.

λ.	Int.	ν.	Δν.	m.	C.
6981,04	(2)	14321,0	2,1		4436,2
80,81	(7)	323,1	2,7		
79,79	(10)	325,8	115,0		
6925,99	(2)	14434,4	1,6		
25,20	(9)	436,0	2,3	(3)	
24,14	(10)	438,2	91,5		
6883,03	(9)	14524,5	1,4		
82,38	(9)	525,9	1,6		
81,62	(9)	527,5			
5057,50	(calc.)	19767,1	2,9		4536,4
56,76	(calc.)	770,0	4,5		
55,59	(4)	774,5	115,0		
5028,71	(calc.)	19880,3	1,8		
28,25	(2)	882,1	2,8	(4)	
27,54	(3)	884,9	91,4		
5006,05	(3)	19970,4	1,0		
05,77	(3)	971,4	2,1		
05,24	(2)	973,5			

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les différents aspects de la décharge électrique dans les cristaux.* Note (¹) de MM. **G. Reboul** et **P. Blet**, présentée par M. Brillouin.

Les études faites sur la décharge électrique à travers les corps cristallisés, et, d'une manière plus générale, à travers les corps peu conducteurs, se rattachent à deux types : 1° étude de la conductibilité proprement dite, comme l'ont faite J. Curie, Bouty, etc.; 2° étude du potentiel réellement disruptif, telle que la font les ingénieurs en cherchant le potentiel de rupture des isolants industriels. Or, entre ces deux aspects extrêmes de la décharge électrique, celle-ci peut affecter une série de formes diverses qui ne paraissent pas avoir attiré l'attention et que nous avons rencontrées accidentellement au cours d'une étude sur une propriété particulière que présentent les corps peu conducteurs que traverse un courant électrique (²).

Les expériences sont très faciles à répéter : dans une boîte opaque, dont le couvercle en ébonite porte deux électrodes à piston, on dispose une plaque photographique au-dessus de laquelle est placée une lame transparente à faces parallèles, par exemple une lame de quartz assez épaisse (3^{mm}). Sur cette lame appuient deux électrodes, celles-ci sont reliées soit aux pôles d'une machine électrostatique ou d'une batterie de petits accumulateurs, soit aux extrémités du secondaire d'une bobine d'induction; au moyen d'une coupure de quelques millimètres, en dérivation sur les électrodes, on peut faire varier la tension électrique existant entre celles-ci. On fait fonctionner la source électrique pendant un temps, qui, suivant les conditions, peut varier de quelques minutes à quelques heures; au développement, on constate que la plaque impressionnée présente l'un des aspects suivants (voir la figure ci-contre).

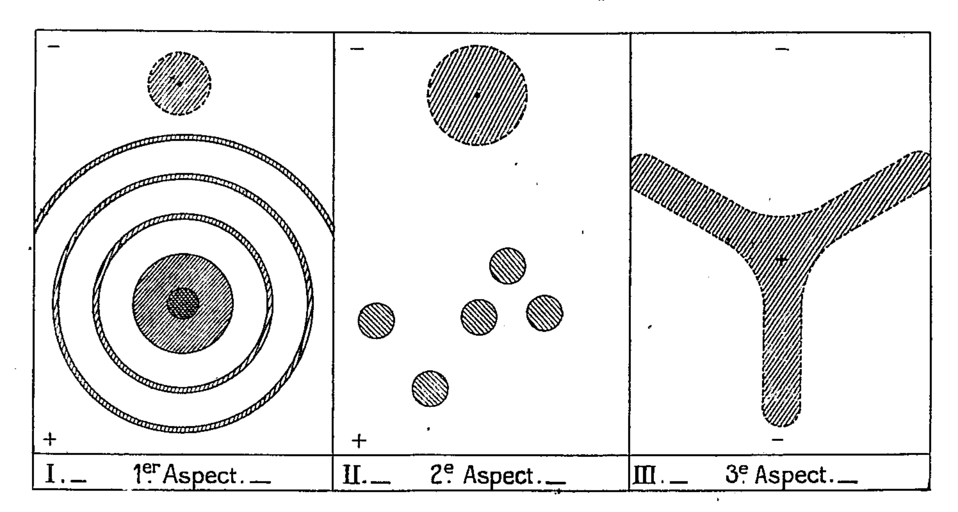
Premier aspect. — Autour du pôle positif, on aperçoit une série de cercles concentriques et équidistants; leur nombre, qui est en général trois ou quatre, augmente considérablement si l'on change les conditions de l'expérience de manière que le temps de pose soit très long, c'est ainsi que sur certains de nos clichés on peut en compter jusqu'à treize. C'est là un premier aspect dont le schéma I de la figure reproduit l'apparence.

L'explication de cette apparence est assez aisée (du moins en gros), elle

(¹) Séance du 26 décembre 1922.

(²) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 1502; t. 172, 1921, p. 210.

est identique à celle que Cornu a donnée pour les halos des lames épaisses [1] : les anneaux concentriques sont dus à des réflexions successives subies sur les faces de la lame par les rayons lumineux qui cheminent à son intérieur sous un angle voisin de l'angle de réflexion totale. La distance qui sépare les traces de deux anneaux successifs, permet, connaissant l'épaisseur de la lame, de calculer l'angle limite et par suite l'indice de réfraction moyen de la lame. Par exemple, avec une lame de quartz de 3^{mm} d'épaisseur, on trouve un angle de 40° 26′ et un indice égal à 1,54.



L'expérience réussit avec toute autre substance que le quartz et permet une détermination rapide de l'indice de réfraction moyen de ces substances; elle peut aussi être répétée avec une source de lumière autre que l'étincelle électrique, par exemple avec un arc au mercure convenablement disposé.

Deuxième aspect. — Quand on change uniquement la tension qui produit la décharge électrique, les anneaux concentriques disparaissent et sont remplacés par une série de taches circulaires de même diamètre, nettement séparées les unes des autres et réparties sans loi bien apparente à la surface de la lame. Leur apparence est reproduite sur le schéma II de la figure. Le diamètre de ces taches rigoureusement circulaires et à bords très nets, ne dépend que de l'épaisseur de la lame et de son indice de réfraction; par exemple avec la lame de quartz dont il est question plus haut ce diamètre est de 5^{mm}.

Tout se passe comme si ces taches étaient produites par un faisceau de

(1) *Journal de Physique*, 2e série, t. 9, p. 270.

rayons ayant la forme d'un cône circulaire, dont le sommet se trouverait sur la face supérieure de la lame et dont l'angle au sommet serait égal à l'angle limite.

La mesure du diamètre de ces taches permet, elle aussi, de déterminer l'angle limite et la valeur de l'indice de réfraction de la substance qui forme la lame.

L'expérience réussit avec des lames de substances diverses ou d'épaisseurs différentes.

Troisième aspect. — Enfin si la lame est cristallisée et si l'on change encore la tension qui correspond à la décharge, l'aspect présenté par celle-ci est lié à la symétrie du cristal. Ainsi une lame de quartz, taillé perpendiculairement à l'axe, donne l'apparence que reproduit le schéma III de la figure.

Avec une lame de mica on obtient également des lignes divergentes partant du point de contact des électrodes, ces lignes, qui représentent par conséquent des directions privilégiées pour la décharge électrique, sont les mêmes que celles que fait apparaître sur le mica la pression d'une pointe mousse ; on sait que ces dernières sont liées à la symétrie du mica.

PHOTOCHIMIE. — *Sur les piles à liquide fluorescent.*
Note (¹) de M. **A. Grumbach**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Deux électrodes de platine plongeant dans une solution fluorescente constituent une pile lorsqu'on éclaire l'une d'entre elles. La force électromotrice varie avec le temps.

Goldmann (²) a assimilé les éléments de ce genre aux actinomètres d'Edmond Becquerel; il n'a, en effet, observé de force électromotrice que lorsqu'il éclairait une des électrodes et non le liquide intermédiaire. D'autre part, dans ses expériences qui ont porté presque exclusivement sur les solutions alcooliques, l'électrode éclairée était positive.

En réalité, comme il employait des solutions saturées de substance fluorescente, les premières couches liquides absorbaient la totalité des radiations actives; il en était de même de la fluorescence émise par l'étroite région illuminée. Dans ces conditions, la force électromotrice n'apparaît que si l'électrode est très voisine de la paroi ou de la surface libre éclairée.

(¹) Séance du 3 janvier 1922.

(²) Goldmann, *Ann. der Physik*, 4ᵉ série, t. 27, 1908, p. 449.

Au contraire, en étudiant des solutions étendues, j'ai constaté que le phénomène n'a pas son origine à la surface des électrodes.

L'expérience essentielle est la suivante : au lieu d'éclairer directement la région avoisinant l'électrode, j'ai laissé l'élément tout entier dans l'obscurité. L'absence de force électromotrice de dissymétrie étant bien constatée, on introduit dans la solution, près d'une des électrodes, 1^{cm^3} d'une portion de la même solution sur laquelle on a concentré pendant 2 heures avec une lentille de verre la lumière d'un arc à mercure filtrée à travers une cuve remplie d'eau. Une force électromotrice apparaît après l'addition du liquide insolé. Prenons ce moment pour origine des temps portés en abscisses, les forces électromotrices étant portées en ordonnées; la courbe obtenue a la même forme générale que celle qui représente, en fonction du temps, la force électromotrice produite par l'éclairage direct de l'électrode, l'origine des temps étant le début de l'illumination.

Le phénomène est particulièrement frappant dans le cas d'une solution d'uranine pure (fluorescéinate de sodium) entièrement soluble dans l'eau sans addition d'alcali. L'électrode éclairée est d'abord négative, la force électromotrice passe par un maximum, décroît, s'annule et change de signe. En éclairage direct, elle continue à croître quelque temps après qu'on a plongé à nouveau tout l'appareil dans l'obscurité. L'expérience répétée le lendemain sur la solution abandonnée à elle-même fournit des résultats semblables aux précédents.

L'appareil est constitué par un tube de verre de 6^{mm} de diamètre intérieur dont les extrémités sont coudées; la partie médiane horizontale a 25^{cm} de longueur. Les électrodes sont des fils de platine; chacun d'eux est soudé dans une des branches verticales. On les a soigneusement nettoyés de façon à éliminer les forces électromotrices de dissymétrie. J'ai employé l'électromètre capillaire comme instrument de zéro.

Le Tableau suivant contient les résultats numériques d'expériences faites sur l'uranine pure. Les temps sont mesurés en minutes et secondes, les forces électromotrices en millivolts. Le signe attribué à la force électromotrice est celui de l'électrode éclairée.

SOLUTION CONTENANT 0g,05 D'URANINE POUR 100g D'EAU.
Concentration moléculaire : $1,322.10^{-6}$ mol-g-cm³.

I. *Éclairage direct* (arc à mercure : 2,5 ampères, 160 volts).

Temps. (m s)	Force électromotrice.	Temps. (m s)	Force électromotrice.
0..........	0	100.20......	+ 88,1
3.30.......	− 0,9	107.30......	+ 89,4
12..........	− 1,8	109.30......	+ 90,8
17..........	− 5,5	114.........	+ 94,0
21.30.......	− 8,2	118.30......	+ 95,4
40..........	+11,0	120.20......	+ 97,2
41..........	+22,0	124.........	+ 99,1
57..........	+54,0	133.........	+100,0
70..........	+79,8	137.30......	obscurité
74.30.......	+82,3	139.30......	+103,7
86..........	+82,6	142.45......	+106,8
94..........	+84,4	144.........	+108,3
97..........	+87,2	162.........	+ 35,2

II. *Addition du liquide éclairé* (appareil maintenu dans l'obscurité).

Temps. (m s)	Force électromotrice.	Temps. (m s)	Force électromotrice.
0..........	0	50..........	+ 9,2
5.20.......	− 4,2	51.30.......	+10,1
8.30.......	−12,2	56.30.......	+12,2
12.30.......	−14,4	70..........	+13,8
17..........	− 6,4	78..........	+14,7
31..........	+ 3,7	83.20.......	+18,3
32.45.......	+ 5,0	89.45.......	+19,2

En interposant sur le trajet du faisceau lumineux éclairant l'électrode un écran Wratten n° 77 qui ne laisse passer que la radiation verte de l'arc à mercure, j'ai obtenu une force électromotrice appréciable qui atteint −18 millivolts en 82 minutes pour décroître ensuite en valeur absolue; cette expérience donne une idée de la sensibilité de la méthode qui permet de déceler des fractions très faibles de matière colorante décomposée par la lumière. Les électrodes adsorbent le photoproduit dont la dilution est trop grande pour qu'il se forme une véritable pile de concentration (¹). Lorsque le corps fluorescent est un électrolyte comme dans l'exemple précédent, il faut tenir compte de l'adsorption des molécules non dissociées et de celle des ions de la fraction dissociée.

(¹) A. GRUMBACH, *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 644.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action de la chaleur sur les kaolins, les argiles, etc.* Note de M. **A. Bigot**, présentée par M. A. Haller.

Les kaolins, les argiles, les silices d'infusoires, extraits de leurs gisements, se présentent ordinairement sous forme de morceaux agglomérés, qui, après séchage, se délitent spontanément lorsqu'on les plonge dans l'eau.

Les bauxites et les ardoises, quel que soit leur degré de porosité, ne se délitent pas dans l'eau. Il en est de même de la plupart des argiles schisteuses et de certaines silices d'infusoires.

Dans le gisement de silices d'infusoires de Ouïllis (Algérie), certains bancs sont formés de matière qui se délite rapidement dans l'eau, tandis que d'autres bancs voisins sont constitués par une silice d'infusoires qui ne possède pas cette propriété, quoique ces deux variétés aient sensiblement la même composition chimique.

Les matières premières, qui ont fait l'objet de cette étude, sont séchées, puis broyées et passées au tamis de soie n° 200. Avec chacune des poudres impalpables, ainsi préparées, on fait deux séries d'éprouvettes :

1° Des éprouvettes en pâte molle;

2° Des éprouvettes en poudre à demi sèche que l'on a humectée avec 4 à 8 pour 100 de son poids d'eau; ces éprouvettes sont comprimées à des pressions variant entre 375^{kg} et 400^{kg} par centimètre carré.

Le kaolin des Eyzies, préparé en pâte molle, puis séché, est maintenu pendant 5 heures à la température de 380°; sous l'action de la chaleur il se colore légèrement par suite de la décomposition des matières organiques qu'il renferme, il ne se déshydrate pas et son volume ne change pas; mais il durcit. Après cette opération il ne se délite, ni à froid ni à chaud, dans l'eau pure ou dans l'eau additionnée, de 10 pour 100 de son poids de soude ou d'acide sulfurique.

L'éprouvette, préparée avec ce même kaolin en poudre à demi-sèche, pressée à 375^{kg}, chauffée dans les mêmes conditions que la précédente, ne durcit pas suffisamment et se délite dans l'eau froide; mais si on la maintient pendant 5 heures aux environs de 450°, elle devient dure et ne se délite plus dans l'eau.

Une éprouvette en argile réfractaire de Provins, contenant 25 pour 100

d'alumine, durcit entre 400° et 450° quand elle a été préparée en pâte molle et ne se délite pas dans l'eau : si l'éprouvette a été préparée avec de la poudre à demi sèche, il faut la porter aux environs de 500° pour qu'elle devienne dure.

Les bauxites, les silices d'infusoires, etc., se comportent d'une façon similaire.

L'argile schisteuse de Marles (Pas-de-Calais) renferme des goudrons qui influent sur ses propriétés physiques. En pâte molle elle ne durcit qu'à la température de 600°. Une éprouvette préparée en poudre à demi sèche et pressée à 400^{kg} par centimètre carré, commence à durcir à 800°; après avoir perdu son eau de constitution, elle ne délite plus dans l'eau froide, mais se délite à la longue dans l'eau bouillante; chauffée à 1000° elle se transforme en une matière dure et compacte que l'eau bouillante, même alcaline ou acide, ne peut déliter.

L'ardoise de Rimogne (Ardennes) a la composition d'une argile commune qui aurait perdu la moitié de son eau de constitution. Les éprouvettes faites avec cette ardoise, soit en pâte molle, soit en poudre à demi sèche, se délitent dans l'eau après un chauffage à 800°; il faut atteindre 900° pour que le durcissement apparaisse; à 1000° elles deviennent dures et compactes.

Des éprouvettes, faites en pâte molle, avec du kaolin des Eyzies, dont la plasticité colloïdale est de 4,25 (¹), ont été maintenues pendant 5 heures à la température de 450°; ensuite elles ont été broyées finement et la poudre obtenue a été passée au tamis n° 200. La poudre, ainsi tamisée, a été transformée en pâte molle dont la plasticité colloïdale est tombée à 1,78. La chaleur à 450° n'a pas détruit tous les colloïdes de ce kaolin. Une nouvelle éprouvette, préparée avec ce kaolin chauffé une fois à 450°, a été maintenue pendant 5 heures à une température voisine de 500°; elle durcit également et ne se délite pas dans l'eau.

Nous avons répété sur cette seconde éprouvette de nouvelles opérations de broyage, d'agglomération en pâte molle et de chauffage à 500°; à chaque opération on constate une nouvelle diminution de la plasticité colloïdale et le phénomène du durcissement se produit encore, mais à un degré moindre. Les argiles et les autres matières plastiques se comportent comme le kaolin des Eyzies.

Ces expériences ont été répétées un grand nombre de fois et sur des

(¹) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 755.

matières variées; elles ont toujours donné des résultats similaires; il est évident que ce phénomène de durcissement provient des matières colloïdales qui se *pectisent* partiellement sous l'action de la chaleur avant la température de déshydratation, qui a lieu ordinairement entre 650° et 700°. Si le chauffage entre 400° et 500° était prolongé pendant plusieurs jours, il est probable que la pectisation serait complète. L'argile schisteuse de Marles, l'ardoise de Rimogne ne renferment qu'une quantité faible de colloïdes et ne durcissent réellement qu'à la température de 1000°.

M. Le Chatelier a découvert que les kaolins, chauffés vers 1000°, dégagent de la chaleur et subissent une transformation physique. On constate en même temps une contraction et un nouveau durcissement de la matière.

En résumé, les matières céramiques plastiques, sous l'action de la chaleur, subissent un premier durcissement, sans se déshydrater, ni changer de volume; ce durcissement provient de la pectisation partielle des colloïdes qu'elles renferment.

Après déshydratation et au-dessus de 700°, il se produit des transformations physiques accompagnées de retrait, et les matières continuent à durcir, en même temps que les colloïdes achèvent de disparaître.

Les matières céramiques non plastiques, comme les ardoises en poudre, ne durcissent qu'une seule fois, vers 1000°, après leur déshydratation complète qui a lieu entre 650° et 700°.

Le phénomène de pectisation des colloïdes joue un rôle considérable en céramique et en particulier dans les industries des terres cuites.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Procédé pour servir à l'étude de la vitesse de formation des précipités.* Note de M. **Roger G. Boussu**. présentée par M. Henry Le Chatelier.

Notre étude actuelle porte sur la vitesse de formation des précipités dans le cas de sursaturation et sur les variations de cette vitesse avec les facteurs concentration, température, viscosité, etc. Initialement nous avions voulu déterminer les relations existant entre le *temps d'apparition des précipités* et ces différents facteurs, pour cette étude nous avons employé l'appareil mélangeur de M. Jolibois [1]. Ces essais qui ont porté sur différents corps :

(1) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 1095.

sulfate de chaux, oxalate de chaux, phosphate ammoniaco-magnésien, ont tous donné lieu au même phénomène: le tube inférieur de l'Y se tapissait de précipité et ne tardait pas à être obstrué; nous avons donc été amenés à supprimer les parois.

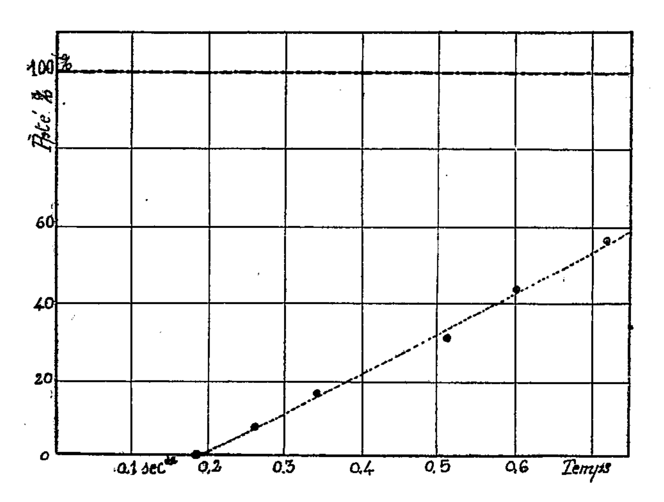
Le procédé que nous décrivons ci-dessous permet d'étudier la *formation du précipité dans le temps;* le dispositif du mélangeur est le suivant : les extrémités effilées des deux tubes d'amenée sont placées vis-à-vis, à une distance de 1^{cm} l'une de l'autre et maintenues dans une position immuable par serrage dans un bâti. Les liquides dont l'union donnera naissance au précipité se rencontrent donc, se mélangent et tombent à l'air libre, chute pendant laquelle se forme le précipité. Ces liquides provenant de flacons fonctionnant en vase de Mariotte et l'embouchure des tubes étant identique, les débits restent égaux et constants ainsi que nous l'avons pu vérifier. Le mélange avec cet appareil se fait dans un temps très court (ordre de grandeur 0,02 seconde).

Le problème consiste à arrêter la réaction à un moment donné pour déterminer son degré d'avancement. Nous employons à cet effet une solution qui est très exactement saturée du corps étudié, et présente une concentration voisine de celle du jet liquide étudié. Le mécanisme d'arrêt est le suivant : le jet est formé de deux éléments : une partie déjà précipitée et une solution sursaturée. En le recueillant dans la liqueur d'arrêt placée à une certaine hauteur et en agitant suffisamment, le précipité déjà formé ne se dissout dans une solution déjà saturée; la solution sursaturée se dilue dans un grand volume de la liqueur d'arrêt et donne à l'ensemble une trop légère sursaturation pour que la précipitation continue, si l'on a eu le soin de prendre le rapport $\frac{\text{volume prélevé}}{\text{volume de solution d'arrêt}}$ suffisamment petit. L'emploi de cette liqueur d'arrêt permet donc de déterminer le poids de précipité déjà formé après un temps facile à connaître; on convertit les espaces parcourus en temps, en admettant que le liquide du jet tombe suivant un mouvement uniformément accéléré.

Le mode opératoire est donc le suivant : dans un cristallisoir placé à une certaine hauteur et contenant 5000^{cm^3} ou 6000^{cm^3} de la liqueur d'arrêt, on recueille quelques centimètres cubes du liquide précipitant, on filtre immédiatement, lave, sèche et pèse; puis on répète la même expérience à différentes hauteurs.

Les résultats ont confirmé notre façon de voir, on trouvera ci-après à titre d'exemple pour une seule concentration la courbe vitesse de précipita-

tion partielle de l'oxalate de chaux obtenu par mélange d'une solution de nitrate de chaux et d'une solution d'acide oxalique.



$$\frac{\text{Volume prélevé}}{\text{Volume solution d'arrêt}} = \frac{205^{\text{cm}^3}}{5000^{\text{cm}^3}}.$$

Hauteur de chute.	Temps.	Poids précipité formé.	Pourcentage.
16^cm	0″,18	apparition	0
34	0,26	0^g,358	7,64
56,5	0,34	0,768	16,41
127	0,51	1,413	30,20
175	0,60	2,039	43,56
256	0,72	2,634	56,28
Précipitation finale correspondant à l'équilibre.	48^h	4,680	100

Les erreurs ne dépassent pas 5 pour 100. Nous nous proposons d'employer ce procédé à l'étude des lois de précipitation et de cristallisation du sulfate de chaux, bitartrate de potasse, etc.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Les acides normaux de Berthelot et la théorie des ions.* Note de M. F. **Bourion**, présentée par M. G. Urbain.

Sous le nom d'*acides normaux*, Berthelot enveloppait dans une même famille, des acides dont 1 équivalent, ajouté à 1 molécule de base alcaline,

dissous séparément dans 2 litres, donnait un dégagement de chaleur variant de 12 à 16 grandes calories; leurs sels alcalins, stables en présence de l'eau, obéissent aux lois d'Andrews et de la thermoneutralité saline; de plus, la quantité de chaleur dégagée par addition de la fraction $f < 1$, de base alcaline, à 1 molécule d'acide est proportionnelle à f. Ils constituent l'ensemble des acides forts ou normaux, car Berthelot ne séparait pas ces deux caractères qu'il considérait comme constamment associés.

On sait que, du point de vue ionique, sont considérés comme seuls acides forts ceux dont la chaleur de neutralisation est de 13700 cal-gr et comment s'interprètent simplement les phénomènes d'hydrolyse et les écarts avec la loi de thermoneutralité saline. Mais il ne semble pas que l'on ait étudié de ce point de vue les effets thermiques liés à la fraction de base ajoutée. C'est ce que nous allons examiner ici. Nous distinguerons deux cas :

1° *Il n'y a pas hydrolyse appréciable du sel formé.* — Pour les acides forts, la proportionnalité de la chaleur dégagée à la fraction de base s'explique simplement.

Si l'acide AH n'est pas fort, et à un degré de dissociation γ avant mélange, et si x est le nombre d'ions qu'il émet dans le mélange, la chaleur Q dégagée par addition de f BOH à AH est

$$(1) \qquad Q = 13700f + q_a(f + x - \gamma),$$

en supposant totales les dissociations de la base et du sel, et en appelant q_a la chaleur de dissociation de l'acide.

La loi des masses, appliquée à l'acide, donne

$$\frac{\gamma^2}{(1-\gamma)V} = K, \qquad \frac{x+f}{V(1+f)} \frac{x}{V(1+f)} = K \frac{1-f-x}{V(1+f)},$$

V étant la dilution commune de l'acide et de la base avant mélange. On a alors, tous calculs faits,

$$(2) \quad Q = 13700f + q_a \left\{ f + \frac{-f(1+KV) + \sqrt{f^2(1-KV)^2 + 2KV(KV+1)f + KV(KV+4)} - \sqrt{KV(KV+4)}}{2} \right\}.$$

Dans le cas d'un corps triacide, comme PO^4H^3, on a, pour la première fonction,

$$(3) \quad Q = 13700f + q_a \left\{ f + \frac{-f(3+KV) + \sqrt{f^2(3-KV)^2 + 6KV(KV-1)f + 9KV(KV+4)} - 3\sqrt{KV(KV+4)}}{6} \right\}.$$

Appliquons ces formules aux acides phosphorique (première fonction acide) et fluorhydrique, pour lesquels nous prenons

	K.	q_a.
PO^4H^3 (1re fonct.)....	10^{-2}	1130 cal-gr
FH................	35.10^{-5} pour $V > 30$ 10^{-3} » $V = 10$ 2.10^{-3} » $V = 2$	2570 cal-gr

on a

	Q calculé.		Q évalué par proportionnalité.		Écart relatif pour 100.	
f.	PO^4H^3.	FH.	PO^4H^3.	FH.	PO^4H^3.	FH.
$\frac{1}{4}$.....	3591	3852	3646,2	3959,5	−1,80	−2,71
$\frac{1}{2}$.....	7233	7818	7292,5	7919	−0,96	−1,27
$\frac{3}{4}$.....	10902	11812	10938,7	11878,5	−0,34	−0,56
1.....	14585	15838	14585	15838	0	0

en faisant $V = 6$ pour PO^4H^3; puis $V = 100$ pour FH, dilution où les écarts sont maximums. Les écarts relatifs sont un peu plus grands pour FH que pour PO^4H^3 parce que sa chaleur d'ionisation est plus élevée et sa constante d'affinité plus faible. Mais dans les deux cas les écarts sont petits et ne sauraient être révélés par le calorimètre de Berthelot. On y parviendrait probablement en utilisant un calorimètre plus sensible, tel que celui de G. Rumelin [1].

2° *Il y a hydrolyse sensible du sel formé.* — Si y est le degré d'hydrolyse, la quantité de chaleur Q dégagée par addition de f BOH à AH est

$$(4)\qquad Q = 13700f(1-y) + q_a f(1-y) = f(1-y)(13700 + q_a),$$

en supposant complètes les dissociations de AB et BOH et nulle celle de AH; en appliquant la loi des masses à l'acide et à l'eau, on a

$$(5)\qquad Q = \frac{(1+kV)(1+f) - \sqrt{[(1-f)+kV(1+f)]^2 + 4kVf(1+f)}}{2}(13700 + q_a)$$

en posant $k = \frac{K_e}{K_a}$, K_e étant la constante d'équilibre ionique de l'eau; la formule (5) appliquée à l'acide borique en prenant les données de H. Lunden [2]

$$q_a = -3080 \text{ cal-gr}, \qquad k = \frac{K_e}{10^{-10}} = \frac{10^{-14}}{10^{-10}} = 10^{-4}$$

(1) G. Rumelin, *Zeits. phys. Chem.*, t. 63, 1908, p. 282.
(2) H. Lunden. *Journ. de Chim. phys.*, t. 5, 1907, p. 574.

pour la formation progressive du sel monosodique conduit à

V.	Q. $f = \frac{1}{2}$.	$f = 1$.	Différence.
2	$\frac{10620}{2}$	10620	$\frac{10620}{2}$
10	5186	10180	4994
100	5084	9218	4134
1000	4248	6797	2549

Il faut donc arriver à la dilution $V = 100$ pour avoir une différence de 1 grande calorie dans les chaleurs correspondant à l'addition successive de deux demi-molécules de base; mais aux dilutions $V = 2$ ou $V = 4$, le phénomène est trop petit pour être décelé par la technique thermochimique habituelle; en fait, les faibles écarts observés par Thomson sont dus à la formation du sel $B^4O^7Na^2$.

Appliquons la formule (5) pour $V = 10$ aux deux cas suivants :

1° $K_a = 3,3 \times 10^{-11}$, $k = 3 \times 10^{-4}$, $q_a = -1640$ cal-gr;

2° $K_a = 5 \times 10^{-12}$, $k = 2 \times 10^{-3}$, $q_a = -5040$ cal-gr

On a

	1°.	Différence.	2°.	Différence.
$f = \frac{1}{2}$	6000 cal-gr		4100 cal-gr	
$f = 1$	11160 »	5160 cal-gr	7100 »	3000 cal-gr

Ces phénomènes font songer aux dégagements de chaleur observés lors de la neutralisation progressive de la deuxième et de la troisième fonction acide de l'acide phosphorique.

On voit en résumé que pour mettre en relief, dans la neutralisation progressive d'un acide, par une base alcaline, des écarts entre les nombres observés et ceux calculés par proportionnalité par les méthodes courantes de la thermochimie la constante d'affinité de l'acide ne doit pas être supérieure à 10^{-10} avec l'ordre de grandeur habituel des chaleurs d'ionisation.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le dosage de l'albumine par les procédés dits* néphélémétriques. Note de MM. **Henri Bénard** et **Albert Laborde**, présentée par M. G. Urbain.

Nous nous sommes proposé de définir la sensibilité et la précision respectives des deux méthodes dites *diffusimétrique* [appareil type de

MM. A. Baudouin et H. Bénard [1]] et *opacimétrique* [appareil type de MM. Ch. Chéneveau et R. Audubert [2]].

Nous avons étudié les albumines du sérum du sang. Le sérum était dilué dans du NaCl à 15 pour 100. Le titre des solutions a varié, en albumine, entre 0,2 et 4 pour 1000.

La précipitation fut faite par de l'acide trichloracétique titrant 5 à 50 pour 100, en faisant tomber rapidement $9^{cm^3},5$ de la solution de CCl^3COOH, sur $0^{cm^3},5$ de la solution d'albumine.

Les dilutions finales des précipitations troubles étaient donc de l'ordre de $\frac{2}{100\,000}$ à $\frac{4}{10\,000}$.

Les mesures furent faites soit en lumière blanche, soit surtout en lumière verte ou rouge sélectionnée par des écrans de Wratten :

1° La loi de Chéneveau et Audubert s'applique dans ces conditions aux solutions d'une même albumine titrant de 0,5 à 1,5 pour 1000, quand on les précipite par un CCl^3COOH de titre déterminé.

Mais, pour les concentrations allant de 1,5 à 3 pour 1000, cette loi semble ne plus s'appliquer d'une façon simple, une courbe étalon est nécessaire [3].

2° M. Babille a établi pour nous des échantillons de verres diffuseurs dont le trouble est analogue à ceux des précipités étudiés, et qui sont de bons étalons de diffusion pour l'étude des solutions d'albumine titrant de 0,1 à 2 et 3 pour 1000, quand on opère en lumière sensiblement monochromatique.

Nous avons étudié la variation continue du *pouvoir diffuseur* [4] de solutions d'albumine de titre croissant précipitées par un même CCl^3COOH.

Pour les faibles concentrations d'albumine, de 0,1 à 0,8 pour 1000,

---

(1) *C. R. Soc. Biol.*, 1er mai 1920; *Bull. et Mém. de la Soc. Méd. des Hôpitaux de Paris*, 17 février 1920.

(2) *Bull. de la Soc. Fr. de Physique*, n° 139, 1920, p. 4 et 5; *Annales de Physique*, 9e série, t. 13, 1920, p. 134 à 161; *Journal de Physique*, 6e série, t. 2, n° 1, janvier 1921, p. 19 à 23.

(3) Ch. Chéneveau et R. Audubert, *Ann. de Phys.*, 1920, p. 158.

(4) Nous désignons ainsi, sans la définir davantage, la propriété, pour un milieu trouble, de présenter à un degré plus ou moins élevé le phénomène de Tyndall.

Nous appellerons arbitrairement *indice de diffusion* par rapport à l'appareil Baudouin et Bénard, une valeur inversement proportionnelle à l'ouverture dont il faut découvrir le milieu trouble pour obtenir globalement une intensité lumineuse correspondant à celle fournie par l'étalon diffuseur sans préjuger d'aucune interprétation mathématique.

l'*indice de diffusion* peut être considéré comme proportionnel à la concentration, ainsi que l'a montré Mme Yvonne Bénard-Rayneau (¹); mais, pour les solutions plus concentrées, la loi de variation ne paraît pas si simple, et une courbe étalon est nécessaire.

3° La précision de nos mesures est comprise entre 5 et 10 pour 100.

4° La précipitation d'une solution d'albumine à 1 pour 1000 s'est montrée indépendante de la température entre + 3°C. et + 23°C.

5° L'adjonction d'une petite quantité de sulfate d'ammoniaque à la solution d'albumine ne modifie pas les propriétés optiques étudiées. Il en est de même, dans de très larges limites, de la teneur plus ou moins grande de la solution d'albumine en NaCl.

6° Au contraire, les propriétés optiques varient considérablement avec le taux de l'acide trichloracétique employé pour la précipitation : pour CCl^3COOH à 25-30 pour 100 environ, l'indice de diffusion d'une solution d'albumine du sérum à 1 pour 1000, passe par un maximum; à ce moment, l'intensité de la lumière diffusée peut être au moins trois fois plus forte que celle qui correspond au précipité obtenu par l'acide à 10 pour 100 et deux fois environ plus intense que dans le cas d'un acide à 40 pour 100.

Le « pouvoir absorbant » du précipité varie également avec la concentration du CCl^3COOH et peut croître avec celle-ci tandis que l'indice de diffusion diminue.

Nous avons observé des phénomènes analogues dans l'action de l'acide sulfosalicylique sur les albumines.

Ces variations des propriétés optiques correspondent d'ailleurs à des modifications observables à première vue dans l'aspect des suspensions.

7° Nous avons comparé l'une à l'autre, par ces méthodes, la sérine et la globuline, isolées d'un sérum humain par le procédé au sulfate d'ammoniaque.

Pour une même concentration en albumine, les maxima de l'indice de diffusion ne correspondent pas à un même titre d'acide.

Les pouvoirs absorbants des deux précipités se comportent également d'une façon indépendante, et, pour une certaine concentration du CCl^3COOH, les précipités de sérine et de globuline sont équidiffuseurs sans être équiopaques.

L'acide sulfosalicylique nous a donné des résultats de même ordre.

(¹) Thèse de doctorat en médecine, Paris, 1920.

Il est donc très important de définir avec précision le titre de l'acide précipitant.

Aucun dosage global ne serait possible si le phénomène observé dépendait du rapport $\frac{\text{sérine}}{\text{globuline}}$ ou de la nature de l'albumine.

Des essais sur des sérums naturels d'homme, de lapin, de chien et de mouton ne nous ont pas montré d'écarts supérieurs à 10 pour 100 entre ces divers corps précipités, étudiés optiquement. Nous allons reprendre cette étude ainsi que celle de la sérine et de la globuline séparées par le procédé de M. Vila ([1]).

8° L'opacité de ces milieux troubles hétérogènes (albumine, sulfate de barium) est, dans certaines limites, indépendante de l'état de sédimentation du précipité : l'opacité mesurée dans l'appareil Chéneveau et Audubert disposé verticalement, variait environ de 5 pour 100 seulement au cours de la floculation et de la sédimentation ; et, 24 heures après la précipitation, la pellicule mince translucide décantée au fond du tube présentait la même opacité que la suspension trouble initiale.

Ce phénomène confère un avantage sérieux à l'appareil de MM. Chéneveau et Audubert puisqu'il autorise à pratiquer des mesures opacimétriques là où une sédimentation trop rapide pourrait rendre peu précises les mesures de diffusion.

Par contre le diffusimètre est plus sensible vis-à-vis des émulsions très diluées.

9° Nous pensons qu'il serait intéressant d'étudier comparativement l'absorption et la diffusion de différentes suspensions à différents états de dispersion et de floculation.

CHIMIE PHYSIQUE. — *L'évolution de la molécule d'hydroxyde ferrique au sein de l'eau.* Note de Mlle S. **Veil**, présentée par M. G. Urbain.

On sait depuis longtemps que des hydroxydes tels que l'hydroxyde ferrique n'ont pas, en tant qu'hydrates, une composition définie, et qu'ils se déshydratent au sein de l'eau. Les facteurs prépondérants du phénomène sont le temps et la température. Tout ce qu'on peut lire à ce sujet dans la littérature scientifique tend à ne montrer là qu'un simple processus de déshydratation.

([1]) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 728.

En effectuant des mesures magnétiques, on observe qu'il se produit simultanément deux ordres de phénomènes chimiques distincts et pour ainsi dire indépendants; d'une part la déshydratation et d'autre part une modification de l'hydroxyde ferrique telle, qu'en valeur relative, le coefficient d'aimantation de l'oxyde final, après déshydratation complète, peut passer de la valeur 1 à des valeurs de l'ordre de 30. En outre, il résulte des expériences que j'ai réalisées, que les hydroxydes diffèrent d'autant moins, d'un point de vue magnétique, des oxydes correspondants, que la déshydratation, au sein de l'eau, a été plus profonde.

C'est ainsi que, pour les hydroxydes qui ont été chauffés en tubes scellés à des températures s'échelonnant de 120° à 210°, les coefficients d'aimantation, rapportés à la teneur en fer, sont du même ordre de grandeur que ceux des oxydes qui en dérivent par calcination. Au contraire, on trouve des coefficients d'aimantation, rapportés au fer, toujours beaucoup plus grands pour les hydroxydes obtenus à froid que pour leurs oxydes.

Soit qu'on parte des chlorures, soit qu'on parte des nitrates, les résultats sont du même ordre; et, dans les deux cas, il apparaît nettement que les propriétés magnétiques des hydroxydes et des oxydes dépendent, dans une très large mesure, des états antérieurs par lesquels la matière a passé. Il y a là un fait sur lequel je crois devoir appeler spécialement l'attention.

Par exemple, précipitons à froid une certaine quantité d'hydroxyde à partir de chlorure ferrique. Lavons et filtrons le plus rapidement possible. L'oxyde résultant de la calcination de l'hydroxyde aura un coefficient d'aimantation égal à 1 en valeur relative; et en opérant dans ces conditions, ce magnétisme est toujours à peu près identique à lui-même. Par contre, l'hydroxyde aura un coefficient d'aimantation moléculaire de 9,8. Traitons maintenant cet hydroxyde, en tubes scellés à 120°, durant une douzaine d'heures, il sera presque entièrement déshydraté. Son coefficient d'aimantation sera 4,8 et celui de l'oxyde calciné correspondant 4,6. Dissolvons l'hydroxyde dans l'acide chlorhydrique (il est nécessaire de chauffer), et précipitons immédiatement après la dissolution. L'hydroxyde obtenu aura un magnétisme du même ordre de grandeur que celui obtenu précédemment à froid. Mais si nous chauffons cet hydroxyde en tubes scellés, son coefficient d'aimantation s'élèvera à 28,5 et celui de l'oxyde, résultant de sa calcination à 600°, sera 24,1. Le fait est constant, on le trouve aussi bien à partir du nitrate qu'à partir du chlorure.

HYDROXYDES CHAUFFÉS EN PRÉSENCE D'EAU ET AYANT SUBI DES PRÉCIPITATIONS ET DES DISSOLUTIONS SUCCESSIVES DANS L'ACIDE CHLORHYDRIQUE.

Coefficients moléculaires d'aimantation (rapportés à la teneur en fer).

	A 120°				A 150°			
	du chlorure.		du nitrate.		du chlorure.		du nitrate.	
	Hydroxyde.	Oxyde.	Hydroxyde.	Oxyde.	Hydroxyde.	Oxyde.	Hydroxyde.	Oxyde.
1re précipit..	4,8	4,6	3,9	4,8	12,4	4,6	5,4	2,4
2e précipit..	28,5	24,1	18,5	20,8	17,7	19,5	26,1	18,7
3e précipit..	26,6	22,5	30,9	23,6	13,3	24,0	25,2	25,3

	A 180°				A 210°			
	du chlorure.		du nitrate.		du chlorure.		du nitrate.	
	Hydroxyde.	Oxyde.	Hydroxyde.	Oxyde.	Hydroxyde.	Oxyde.	Hydroxyde.	Oxyde.
1re précipit..	9,6	8,5	5,6	7,3	9,0	10,6	4,3	9,3
2e précipit..	12,0	19,6	14,2	15,9	15,8	18,5	21,8	20,4
3e précipit..	18,0	17,3	17,8	22,4	24,0	18,8	18,2	25,9

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la désulfuration des métaux par la chaux.* Note de M. **B. Bogitch**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Nous étudions ici la décomposition par la chaux, en présence de carbone, de quelques sulfures métalliques dissous dans les métaux en fusion :

$$MS + CaO + C = M + CaS + CO.$$

C'est une réaction qui doit donner lieu à un équilibre dans le partage du soufre, entre le métal et le laitier. Or, pour aucun métal on ne connaît avec certitude le coefficient de ce partage. Même dans un cas aussi important que celui de la désulfuration des aciers au four électrique, on ignore comment le soufre se répartit entre le laitier calcaire et le métal fondu.

Pour essayer de combler cette lacune, nous avons effectué quelques expériences dont voici le compte rendu.

Méthode opératoire. — 100g de métal (cuivre, nickel, fer, manganèse) additionnés du sulfure correspondant, sont fondus dans un creuset en graphite porté à 1500°-1600° dans un petit four électrique à résistance granulaire. Quand tout est bien fondu, on introduit dans le creuset 20g de désulfurant (chaux, laitier calcaire, chaux et spath-fluor) et l'on agite au moyen d'une baguette en charbon. Au bout d'un temps donné, on coule le métal et l'on recueille la scorie.

Désulfuration par la chaux ou par un laitier. — Si le métal est riche en soufre, on en enlève déjà beaucoup au moyen de la chaux en poudre. Si, au contraire, il ne contient que quelques unités ou fractions d'unités pour 100 de soufre, la désulfuration par la chaux pure ou par le laitier basique devient extrêmement lente. Avec ces désulfurants, on n'a à aucun moment la certitude que l'équilibre dans le partage du soufre est atteint. Ceci provient, non seulement de la viscosité considérable des laitiers basiques, qui rend très lente la diffusion de la chaux ou du sulfure de chaux, mais aussi de la faible solubilité de ce dernier dans les laitiers. Ainsi, d'après nos expériences, un laitier de composition $2SiO^2Al^2O^3 2CaO$ ne peut dissoudre que 3,8 pour 100 de sulfure de calcium, soit 1,7 pour 100 de soufre.

Désulfuration par la chaux dissoute dans le fluorure de calcium. — Pour obtenir une désulfuration rapide, la chaux doit être dissoute dans un dissolvant dont les propriétés soient tout autres que celles des laitiers habituellement employés en métallurgie. Un tel dissolvant existe, c'est le fluorure de calcium, indiqué par Rollet [1]. Beaucoup moins visqueux que le laitier basique ordinaire, il peut aussi dissoudre plus de 20 pour 100 de soufre et quelques unités pour 100 de sulfure de fer ou de manganèse. Nous donnons ci-dessous quelques-uns des résultats que nous avons obtenus avec le désulfurant composé, en parties égales, de fluorure de calcium et de chaux.

Durée de l'expérience en minutes.	Teneur en soufre du métal pour 100. Avant. la désulfuration.	Après la désulfuration.	Teneur en soufre du laitier pour 100.
		Fer.	
20	6	0,35	21,23
30	1,7	0,015	8,15
		Nickel.	
30	7,2	1,61	21,78
30	4,1	0,006	16,68
		Manganèse.	
45	1,40	0,04	2,90

Conclusions. — Avec le mélange désulfurant indiqué ci-dessus, le laitier cesse d'absorber le soufre quand sa teneur en cet élément devient voisine de 22 pour 100. Il est alors presque solide aux températures de 1500°-1600° auxquelles nous avons opéré. L'analyse montre qu'il reste encore dans le

(1) Le fluorure peut être remplacé par le chlorure, comme l'a proposé Saniter.

laitier un peu de chaux non combinée au soufre. Si l'on augmente dans le mélange la proportion de fluorure, l'absorption du soufre par le laitier continue jusqu'à ce que toute la chaux libre soit transformée en sulfure.

Les résultats de nos expériences ne permettent pas de calculer exactement les coefficients de partage du soufre pour les différents métaux que nous avons étudiés, mais ils nous donnent néanmoins des indications sur leur ordre de grandeur. Ainsi, dans le cas du fer, la teneur en soufre du laitier peut être plus de 500 fois supérieure à celle du métal. Pour le nickel ou le cuivre, ce coefficient de partage est encore plus grand (plus de 2000). Pour le manganèse, par contre, il est inférieur à celui du fer.

Grâce à des coefficients de partage aussi élevés, il est possible de préparer, au moins dans le laboratoire, des métaux purs en partant directement de leurs sulfures et en évitant, par conséquent, le grillage et la réduction.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur le dosage de la potasse à l'état d'alun.* Note [1] de Mlle DE LE PAULLE, présentée par M. Henry Le Chatelier.

La faible solubilité à froid de l'alun de potassium et la diminution bien connue de cette solubilité, en présence d'un excès de sulfate d'aluminium, permettait de penser que par addition d'alcool à la dissolution, il serait possible de réduire encore cette solubilité très faible, de façon à utiliser l'alun pour le dosage de la potasse. A l'état hydraté ce sel ne renferme que 10 pour 100 de son poids de potasse, ce qui est très favorable pour la précision des dosages. J'ai donc étudié la solubilité de l'alun et de ses deux constituants en présence de mélange d'eau et d'alcool en diverses proportions, puis j'ai étendu les mêmes recherches à l'alun de sodium.

Pour déterminer la solubilité de ces sels, on introduisait, dans un flacon bouché à l'émeri, 50^{cm^3} d'un mélange d'eau et d'alcool en proportions déterminées, puis on y ajoutait un léger excès du sel étudié. Le flacon était agité mécaniquement pendant une heure, puis abandonné au repos pendant vingt-quatre heures.

On prélevait alors 10^{cm^3} du liquide clair surnageant le sel solide et l'on dosait la proportion de sel dissous par évaporation à sec, puis déshydratation au rouge sombre.

Voici les résultats rapportés à 100^{cm^3} de dissolvant et exprimés en poids de sel anhydre :

[1] Séance du 3 janvier 1923.

Eau.	Alcool.	SO^4K^2.	Alun de K.	Sulfate d'aluminium.	Sulfate Na.	Alun Na.
cm³ 100	cm³ 0	g 8,530	g 2,511	g 31,288	g —	g 16,800
80	20	1,210	0,355	19,085	1,595	10,818
60	40	0,370	0,058	3,791	0,779	2,778
40	60	0,076	0,011	0,343	0,100	0,331
20	80	0,005	0,008	0,038	0,021	0,086
0	100	0,002	0,005	0,018	0,004	0,020

Ces expériences ont été faites à la température ambiante, voisine de 20°.

Pour le dosage de la potasse dans les roches, renfermant un excès d'alumine par rapport à celle de l'alun correspondant à la potasse, il est nécessaire d'employer un mélange alcoolique dans lequel le sulfate d'aluminium soit suffisamment soluble pour ne pas précipiter. Le mélange qui semble le mieux convenir est celui qui renferme 30$^{cm^3}$ d'alcool pour 70$^{cm^3}$ d'eau.

Pour vérifier l'exactitude de cette méthode, on a préparé d'abord des mélanges artificiels de sulfate d'aluminium et de sulfate de potassium en proportion déterminée. L'alun a été pesé après simple dessiccation à l'air, c'est-à-dire avec son eau d'hydratation. La précipitation a été plus complète par refroidissement à 0° dans la glace fondante.

Expériences.	Sulfate d'aluminium anhydre.	SO^4K^2.	Eau.	Alcool.	Alun précipité.	Alun total.
1.........	g 0,2	g 0,0435	cm³ 25	cm³ 25	g 0,2174	g 0,237
2.........	0,2	0,0217	25	25	0,0782	0,1185
3.........	1	0,0435	35	15	0,2122	0,237

En 1 et en 3, l'erreur n'a pas dépassé 5 pour 100 de l'alun total à précipiter.

Une expérience analogue faite avec l'alun de sodium n'a donné lieu à aucune précipitation :

So^4Na^2.	Sulfate d'aluminium anhydre.	Eau.	Alcool.	Alun précipité.
0g,0355	1g	35$^{cm^3}$	15$^{cm^3}$	0

Cette méthode de précipitation de la potasse a été appliquée au dosage de cet alcali dans un kaolin : 2g ayant été attaqués par le mélange d'acides sulfurique et fluorhydrique, on évapore la dissolution à sec, et l'on chauffe au voisinage du rouge sombre afin de chasser complètement les acides libres. On prélève 1g des sulfates qui, au total, pesaient 3g, 038 et on le redissout dans une petite quantité d'eau bouillante. La dissolu-

tion refroidie a été additionnée d'eau et d'alcool de façon à avoir finalement une dissolution renfermant 35^{cm^3} d'eau et 15^{cm^3} d'alcool. Les cristaux obtenus ont été lavés avec un mélange à volumes égaux d'eau et d'alcool, la cristallisation a été très lente; amorcée à la température de 0°, elle s'est prolongée pendant une huitaine de jours à la température ordinaire; elle a donné dans une première expérience $0^g,0802$ d'alun correspondant à 1,2 pour 100 de potasse, dans une seconde expérience $0^g,1265$ correspondant à 1,9 pour 100.

L'alun a été pesé à l'état hydraté.

Une expérience analogue, faite sur de la porcelaine, a donné pour 2^g un poids de sulfates de $1^g,854$. En le traitant par un mélange de 63^{cm^3} d'eau et 37^{cm^3} d'alcool, on obtient un résidu insoluble, comprenant l'alun et le sulfate de calcium et pesant $0^g,7653$. Le précipité redissous et analysé a donné $0^g,1771$ de sulfate de calcium et $0^g,0635$ d'alumine. D'où l'on déduit un poids d'alun de $0^g,5882$ correspondant à une teneur en potasse de 2,91 pour 100.

Sulfates.	Alun + SO^4Ca.	SO^4Ca.	Al^2O^3.
$1^g,854$	$0^g,7653$	$0^g,1771$	$0^g,0635$

Cette méthode de dosage de la potasse, convenable surtout pour le dosage de petites quantités de potasse dans les roches a le grand avantage de n'exiger que des manipulations très simples et très rapides. Par contre, elle a l'inconvénient de nécessiter un temps assez long pour l'achèvement de la cristallisation de l'alun. Pour amorcer cette cristallisation, lente à débuter, on peut recommander un séjour de 24 heures dans la glace fondante.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Combinaisons mercuriques de l'hexaméthylènetétramine*. Note (¹) de MM. **R. Douris** et **G. Beytout**, transmise par M. d'Arsonval.

L'étude des composés arsenicaux organiques utilisés en thérapeutique antisyphilitique (atoxyl, diamino-arsénobenzol et dérivés) a montré le rôle important du groupement amine qui confère aux médicaments antisyphilitiques une activité beaucoup plus grande. Ce groupement amine est même considéré comme indispensable par les chimiothérapeutes qui se sont occupés de cette question. Les cacodylates dont la teneur en arsenic est

(¹) Séance du 26 décembre 1922.

beaucoup plus grande que dans les autres composés organiques de l'arsenic utilisés, mais qui sont dépourvus de groupement fonctionnel amine, n'ont guère d'efficacité dans le traitement de la syphilis.

Aussi a-t-on cherché à introduire des groupements aminés dans des sels mercuriques; le mercure étant pour beaucoup le médicament antisyphilitique le plus sûr. Dans le même but, nous avons pensé que l'hexaméthylène-tétramine ou uroformine qui possède, d'après certains auteurs [1], une action antisyphilitique propre, apporterait, par ses quatre fonctions amines, une activité spéciale aux sels mercuriques.

Un grand nombre de combinaisons mercurielles de l'hexaméthylène-tétramine ont été décrites par MM. Delépine [2], Grützner [3], Calzolari et Tagliavini [4]. Nous avons constitué les types suivants qui ne figuraient pas dans la littérature chimique.

Sulfate double de mercure et d'hexaméthylène-tétramine $(CH^2)^6N^4.SO^4Hg.H^2O$. — Pour préparer ce composé, il faut tenir compte de ce que l'eau transforme le sulfate mercurique en sous-sulfate ou turbith minéral. De là la nécessité d'opérer en milieu acide sulfurique pour empêcher cette transformation. Il est indispensable d'éviter un excès d'acide qui, au moment du mélange avec une solution aqueuse d'hexaméthylène-tétramine, amènerait la dissociation de cette dernière avec un dégagement de formol.

On fait dissoudre le sulfate mercurique dans 15 parties d'eau additionnées d'acide sulfurique goutte à goutte pour éviter la précipitation de sous-sulfate mercurique et l'on verse la solution dans la solution équimoléculaire d'hexaméthylène-tétramine dans 3 parties d'eau. Il se forme instantanément un précipité blanc cristallisé en fines aiguilles que l'on essore aussitôt et répondant à la formule $(CH^2)^6N^4.SO^4Hg.H^2O$ (dosages : Hg calculé 44,05 pour 100; trouvé 44,16; SO^4H^2 calculé 21,58; trouvé 21,29).

Le sel obtenu est peu soluble dans l'eau. Soumis à l'action de l'eau bouillante, il se décompose avec formation de sous-sulfate mercurique. Il perd de l'eau au-dessus de 100° et fond à 177° en se décomposant.

Nous avons fait réagir également l'hexaméthylène-tétramine sur le cyanure et l'acétate mercurique.

Le cyanure double de mercure et d'hexaméthylène-tétramine

$$(CH^2)^6N^4.2[Hg(ON)^2]$$

s'obtient par l'action d'une solution chaude de cyanure mercurique sur une solution

---

(1) BALZER, *Bulletin médical* du 20 décembre 1919. — DUMITRESCO, *Soc. Méd. Hôpit.*, Bucarest, 29 décembre 1920.

(2) DELÉPINE, *Comptes rendus*, t. 127, 1898, p. 624; *Thèse Doctorat sciences*, p. 29; Paris, 1898.

(3) GRUTZNER, *Arch. f. Pharm.*, t. 236, 1898, p. 376.

(4) CALZOLARI et TAGLIAVINI, *Atti R. Accad. Linc*, 1re série, t. 24, 1915, p. 925-932.

aqueuse très concentrée d'hexaméthylène-tétramine. On obtient ainsi une précipitation de cyanure double (dosages : Hg calculé 62,11 pour 100; trouvé 61,94 pour 100; N calculé 17,38 pour 100; trouvé 17,14 pour 100).

Soumis à l'action de la chaleur, ce composé s'altère vers 208° et se décompose sans fondre vers 216°.

Le mercure peut être décelé par l'hydrogène sulfuré, mais non par l'ammoniaque ou l'iodure de potassium.

Acétate double de mercure et d'hexaméthylène-tétramine

$$(CH^2)^6N^4.(CH^3.CO^2)^2Hg.$$

— On mélange dans des proportions équimoléculaires des solutions saturées à froid d'acétate mercurique et d'hexaméthylène-tétramine. Les cristaux formés répondent à la formule ci-dessus (dosages : Hg calculé 43,66 pour 100; trouvé 43,20 pour 100; N calculé 10,04; trouvé 10,16). Soumis à l'action de la chaleur, le sel commence à se décomposer vers 120°.

Le mercure est décelable par l'hydrogène sulfuré ou le sulfure d'ammonium, mais ne l'est pas par l'ammoniaque.

Dans ces composés, l'hexaméthylène-tétramine a un rôle analogue à celui qu'elle joue dans le diphénate d'uroformine de MM. Tiffeneau et Bouchereau (¹); l'action corrosive du sel de mercure est considérablement diminuée et l'action thérapeutique augmentée. L'injection intraveineuse ou ramus-culaire du dérivé du cyanure mercurique ne donne pas lieu aux phénomènes habituels que l'on constate avec le cyanure de mercure (action sur l'endo-théliumveineux, eschares, suffocations, diarrhées sanglantes).

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Résultats des mesures photogrammétriques de l'aurore boréale du* 22-23 *mars* 1920. Note de M. **Carl Störmer.**

Dans une Note publiée en septembre 1920 (²), nous avons parlé du grand matériel de photogrammes d'aurore, obtenu par sept stations photographiques pendant la nuit du 22 au 23 mars 1920. Le calcul de l'altitude et la situation de l'aurore boréale basé sur ce matériel se trouve maintenant achevé, et voici les résultats principaux :

L'aurore, qui était accompagnée par des perturbations magnétiques violentes et par le passage d'un groupe énorme de taches solaires, était une aurore de tout premier ordre par rapport à l'étendue et à la splendeur. Un

(¹) Bouchereau, *Thèse Doct. Pharm.*, p. 22; Paris, 1917.

(²) *Sur quelques rayons auroraux observés le* 22 *mars* 1920, *et atteignant l'altitude de* 500^{km} (*Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 520).

trait caractéristique de cette aurore était les longs rayons et la variété des couleurs.

La hauteur exceptionnelle des sommets des rayons auroraux, déjà indiquée dans la Note citée, s'est trouvée vérifiée par le calcul du matériel complet. En effet, pendant la soirée du 22 mars, entre $8^h 21^m$ et $9^h 8^m$, temps moyen de Greenwich, nous avons réussi de photographier plusieurs rayons situés au-dessus d'une région de la Terre s'étendant des îles de Shetland à Trondhjem, puis jusqu'à Luleå, et cela avec de longues bases qui assurent une détermination très bonne de l'altitude des sommets des rayons. Une dizaine de photogrammes ont donné par exemple *cinq altitudes dépassant* 550^{km}, *six dépassant* 600^{km}, *deux plus grandes que* 650^{km}, *et une très bonne, dépassant même la hauteur énorme de* 750^{km}.

Ces hauteurs vérifient les mesures anciennes peu certaines, obtenues par des observations visuelles et citées par exemple dans le Livre de M. Alfred Angot (*Les aurores polaires*, Chap. IV, 2°; Paris, 1895).

Pendant les heures suivantes jusqu'à l'aube, plusieurs centaines de photographies furent prises qui ont donné environ 450 bonnes déterminations de la hauteur et de la situation de l'aurore. Nous avons environ 70 détermiminations de la hauteur des pieds des rayons; elles sont distribuées de cette manière :

Intervalle.	Pour 100 (environ).
km km	
100 à 120	19
120 à 140	37
140 à 160	15
160 à 180	15

Nul cas au-dessous de 100^{km}; seulement 9 pour 100 entre 180^{km} et 300^{km} et quelques cas exceptionnels au-dessus de 300^{km}.

Quant à la distribution de la luminosité le long des rayons, jugée d'après l'impression sur la plaque Lumière employée, elle fut assez régulière, lorsque le pied était au-dessus de 120^{km} environ avec diminution lente vers le haut. Cependant, lorsque le pied descendait dans l'intervalle 100^{km} à 120^{km}, la partie située dans cet intervalle était en général beaucoup plus lumineuse que la partie supérieure. Cela s'explique bien par l'hypothèse que la composition de l'air doit changer rapidement dans cet intervalle, d'une atmosphère nitrogène au-dessous à une atmosphère d'hélium et d'hydrogène au-dessus. Il est ici, comme d'ailleurs pour tous les phénomènes d'aurore, d'une importance capitale de combiner ces déterminations de la hauteur avec des observations spectrographiques simultanées.

Entre 2^h20 et 2^h40, des photogrammes très intéressants furent pris d'une courte draperie lumineuse qui s'est trouvée située au-dessus de Bergen et de Sognefjord. Le bord inférieur de la draperie n'était que de 82^{km} à 85^{km} au-dessus de la Terre, détermination très exacte à cause de la longue base de 64^{km} entre les stations. Cette hauteur est moindre que la hauteur minimum 87^{km} observée pendant mon expédition à Bossekop en 1913. L'étendue verticale de la draperie fut de 16^{km} environ.

Pendant toute la nuit, des photographies de couronnes d'aurore furent prises, afin d'en déterminer le point de radiation. Nous avons obtenu environ 40 bonnes déterminations dont l'étude détaillée sera réservée au rapport complet. La situation du point de radiation était soumise à des changements rapides; sa hauteur au-dessus de l'horizon était comprise entre 68°,3 et 71°,9 avec moyenne 69°,54. D'après une Communication de l'Observatoire de Christiania, la valeur normale de l'inclinaison magnétique est d'environ 70°,8. D'un intérêt spécial fut une couronne splendide de rayons bleus, entre 3^h40^m et 3^h46^m du matin, le 23 mars, et dont nous prîmes 12 photographies excellentes. Les meilleures donnent, pour la hauteur du point de radiation, de 68°,5 jusqu'à 68°,8.

SISMOLOGIE. — *Nouveaux aperçus de sismotectonique, découlant des tremblements de terre ressentis d'août à décembre* 1922 *dans la partie orientale des Pyrénées*. Note (²) de M. **Octave Mengel**, présentée par M. Bigourdan.

La sismotectonique, science naissante qui étudie l'influence de la structure et de la morphologie du sol sur le déclenchement des séismes et sur le mode de propagation de leurs vibrations, a sa place dans les sciences expérimentales, avec cette particularité que l'expérimentation ne peut avoir qu'un caractère occasionnel, donné par des séismes artificiels, provenant soit d'explosions violentes, soit d'une brusque rupture des couches au fond des mines, ou par des séismes naturels de foyers sensiblement identiques, se répétant à plus ou moins longues échéances. C'est ce cas qui vient de se produire et que j'ai aussitôt mis à profit pour vérifier les hypothèses auxquelles l'induction m'avait conduit (³).

(¹) Voir le paragraphe 39 de mon Mémoire : *Rapport sur une expédition d'aurores boréales à Bossekop et Store Korsnes pendant le printemps de l'année* 1913 (*Geofysiske publikationer*, t. 1, 1921, n° 5, Christiania).

(²) Séance du 3 janvier 1923.

(³) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 540.

Le second semestre de 1922 a été marqué, dans la partie orientale des Pyrénées, par un réveil d'activité séismique accusé par les secousses suivantes :

8 août, 22^h37^m, Saint-Paul-de-Fenouillet, degré IV, Llivia. — 10 septembre vers 6^h, Saint-Paul-de-Fenouillet, degré III. — 13 septembre, 9^h8^m, Saint-Paul-de-Fenouillet, Maury (IV). — 22, 23 septembre, Saint-Paul-de-Fenouillet, Maury, 4 secousses, la plus forte (VIII), à 0^h55^m. — 29 septembre, vers 2^h, Saint-Paul-de-Fenouillet, Maury (III). — 20 octobre, 0^h55^m, Cerdagne (V). — 17 novembre, 21^h10^m, Haute-Ariège (V). — 10 décembre, 3^h10^m, Caramany (IV), Saint-Paul-de-Fenouillet, Vernet-les-Bains. — 28 décembre, 9^h52^m, Saint-Paul-de-Fenouillet (VI), Perpignan (IV).

A part le tremblement de terre du 20 octobre, qui rentre dans la catégorie des séismes de Cerdagne, les autres appartiennent au régime séismique nord-pyrénéen. Le plus important est celui du 23 septembre. Son champ vibratoire macrosismique s'étend de la Méditerranée à la Haute-Garonne et de Saint-Pons à Barcelone. Les causes aéro et géodynamiques probables du déclenchement de ces secousses, le détail de leurs manifestations, appuyé par un isosismogramme curieux par les particularités qu'il révèle, ne pouvant trouver place ici, seront développés dans un autre Recueil. Je me bornerai à attirer l'attention sur quelques-unes de ces particularités.

La discussion que j'ai faite des séismes de novembre 1919 et de novembre 1920 a montré que le noyau « calédonien » des Pyrénées jouit d'une asismicité remarquable, fonction de son ancienneté, mais qu'il est bordé à ses deux pôles, le Canigou et la Maladetta, de deux détroits sismiques par lesquels se propagent, d'un versant sur l'autre, les vibrations provenant de foyers hypocentriques situés soit au nord, soit au sud de la chaîne. Le séisme du 23 septembre m'apporte, par une enquête portant sur près de 350 localités françaises ou espagnoles, la confirmation éclatante de cette induction. Son épicentre étant situé plus à l'Est que celui du 28 novembre 1920, et par suite plus rapproché du détroit sismique oriental, il fallait s'attendre à une propagation transversale plus facile vers le Sud. L'onde vibratoire suivant, en effet, le chemin habituel Sournia-Prades-Amélie-les-Bains, pénètre en Espagne par Saint-Laurent-de-Cerdans et se retrouve dans les plaines de Figuères et de Girone. Des résonances beaucoup plus accusées qu'en novembre 1920 se font sentir de nouveau à Barcelone, Bagur et Torroella de Montgri. D'autres sont observées à l'extrémité du cap de Creus, à Collioure et sur un point du littoral du Roussillon, à Saint-Cyprien, où les dépôts alluvionnaires recouvrent d'une

mince épaisseur un promontoire du Dévonien de Thuir. Ces aires discontinues de résonance laissent, entre elles et l'aire vibratoire normale, des « zones de silence » marquées par l'emplacement des massifs primaires du Montseny, de la chaîne Catalane, des monts Gavaras, des Albères et reliées parfois — Rosas à La Bisbal — par des « bandes de silence », sortes d'ombres asismiques projetées à l'arrière des massifs dans des terrains quaternaires ou modernes.

Ceci est un fait général qui ressort nettement de l'isosismogramme du 23 septembre 1922 et qu'accusait déjà celui du 28 novembre 1920. Les massifs montagneux amortissent ou arrêtent les vibrations. Ceux qui sont les plus rapprochés de l'épicentre, tels ceux du Saint-Barthélemy, du Carlit, du Mouthoumet, de la Montagne-Noire, ont des « ombres » moins accusées et semblent, au contraire, créer des nœuds à l'arrière desquels se manifestent des ventres de vibration, dont les plus significatifs sont ceux de Sijean-Roquefort-des-Corbières dans l'Aude, de Saint-Pons-Olargues dans l'Hérault, de Mazamet dans le Tarn, de Castelnaudary à Revel et Avignonet dans la Haute-Garonne, de la Cerdagne, de Saurat-Massat dans l'Ariège de Flassa-Corsà et de Girone-Salt en Catalogne. Dans ces trois derniers centres de renforcement on perçut même deux ou trois des quatre secousses secondaires observées à l'épicentre. Au large de Bagur la mer moutonna sans que les pêcheurs aient pu en saisir la cause.

Mais il y a plus. En 1920 j'ai insisté sur l'asismicité du seuil séparant la Cerdagne de la vallée de la Tet, mise en évidence par l'isosismogramme du 28 novembre. Or celui du 23 septembre reproduit, dans ces parages, celui de 1920 et, fait curieux, il en est de même de celui du tremblement cerdan du 20 novembre dernier dont l'épicentre était au pied de la Sierra de Cadi. Il fut ressenti dans la vallée de la Tet, de Fontpétrousse à Nyer, sans produire la moindre vibration sur l'isthme asismique, ou plustôt *diasismique* de Mont-Louis-Cambre d'Aze.

Il est donc incontestable que l'orographie d'une contrée a un rôle prépondérant dans la propagation des ondes sismiques :

a. Les masses montagneuses arrêtent ou dégradent d'autant plus les ondes macrosismiques, et probablement microsismiques, qu'elles sont plus puissantes et de formation géologique plus ancienne.

b. A égalité de distance de l'épicentre, les dépôts alluvionnaires quaternaires ou modernes vibrent d'autant plus que leur substratum rocheux est moins profondément situé.

c. Les résonances macrosismiques se produisent là où existe une brusque

solution de continuité dans le relief ou dans la composition des éléments en contact; par exemple : eau avec roche des falaises.

Ce dernier point est intéressant en ce sens que si, comme à Bagur, la résonance peut s'exagérer jusqu'à faire moutonner la mer, inversement les chocs successifs des vagues contre les falaises provoquent, comme on le sait, des ondes sismiques qui se propagent à l'intérieur des terres. A l'Observatoire de Perpignan le petit sismographe Wiechert a enregistré autrefois avec une netteté parfaite, pendant des journées entières, le choc des vagues (*cops de Llavan*) que les tempêtes d'E-S-E font déferler sur les caps Creus et Cerbère.

La sensibilité sismique de l'extrémité orientale des Pyrénées, aussi bien pour les séismes proprement dits que pour les phénomènes séismométéorologiques que je viens de mentionner, justifie l'opinion émise par M. Bigourdan en 1908 ([1]), que j'ai appuyée alors d'une étude rétrospective de la sismicité de la région, sur l'intérêt que présenterait une station sismologique à Perpignan, reliant, sur le bord même de la fosse d'effondrement de la Méditerranée occidentale, le réseau français au réseau espagnol.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur la croissance dans deux directions opposées, et sur les marques de friction et de pression des molaires des mastodontes bunolophodontes et des éléphants.* Note ([2]) de M. STEFANESCU.

I. Souvent le T_a des molaires des éléphants est précédé de crénelures, pustules, digitations, semilames ou lames complètes; c'est pourquoi je l'appelle talon antérieur double (T_{ad}). Exemple : le T_{ad} des M^3 d'*Elephas trogontherii* de ma collection est formé de deux lames, moins hautes que la première vraie lame de la couronne, contre laquelle elles sont pressées, et ramifiées comme si elles étaient écrasées.

a. La présence du T_a et du T_{ad} nous indique que la molaire croît dans deux directions opposées, à savoir : dans la direction antéro-postérieure par l'opposition de vraies collines ou lames, et dans la direction postéro-antérieure par l'apposition de production du collet (cingulum). A l'appui de cette manière de voir vient le fait suivant : Bolk ([3]) a remarqué que le germe de m_2 d'*Elephas africanus* commence par une forte protubérance

([1]) *Comptes rendus*, t. 146, 1908, p. 97.

([2]) Séance du 3 janvier 1923.

([3]) *Zur Ontogenie des Elefantengebisses*, p. 19, fig. 17 *a*, *b*, 18 *a*, 1919.

qui « peut être une lame rudimentaire dont la signification morphologique n'est pas claire », mais laquelle, à mon avis, n'est que le T_a formé par le collet de la couronne.

II. D'après Vaćek ([1]), le T_a des molaires de *Mastodon angustidens* préserve la première vraie colline contre la résorption due à la pression engendrée par la progression de la molaire. Or, d'après mes recherches, le T_a et les vraies lames ne se résorbent pas, mais s'usent par la mastication. Étant apposé à la partie antérieure de la couronne, le T_a augmente l'étendue de la face trituratrice et fonctionne comme les vraies collines ou lames.

a. Le T_a préserve les vraies lames antérieures de la couronne contre les frictions et les pressions réciproques des molaires et des septums interalvéolaires qui les séparent. Déjà Pohlig ([2]) et Sörgel ([3]) ont observé que le T_a et les premières lames antérieures, ainsi que le T_p et les dernières lames postérieures des molaires qui se touchent, sont plus ou moins polies et usées au point de contact. De pareilles *marques de friction* (en allemand *interstitielle Abschleifungen*) se présentent sur la couronne sortie de l'alvéole; la couronne et les racines implantées dans l'alvéole ne présentent que des *marques de pression* (en allemand *Pressionsmarke*), c'est-à-dire des aplatissements, des enfoncements, des flexions, des lacérations, des écrasements, etc.

b. Les marques de pression ont été attribuées par les paléontologistes à la pression que les molaires d'en arrière exercent sur celles d'en avant. Or, d'après mes recherches, il y a corrélation entre les marques de pression présentées par les faces en regard des molaires voisines et les faces antérieure et postérieure des septums interalvéolaires qui les séparent. *J'attribue donc les marques de pression à la pression que les molaires voisines exercent contre les septums interalvéolaires qui les séparent.* Tandis que les marques de pression en regard sont plus ou moins concaves, les faces du septum interalvéolaire qui les sépare sont plus ou moins convexes.

III. Chez les molaires de toutes les espèces d'éléphants, le T_p, les dernières lames et d'autres lames de la couronne sont quelquefois formées de deux moitiés séparées longitudinalement, à partir du sommet jusque près de la base. D'après Sörgel, toutes ces lames formées de deux au lieu de

---

([1]) *Über öster reichische Mastodonten*, 1877, p. 15 et 34.

([2]) *Dentition und Kranologie des Elephas antiquus*, 1888, p. 157-159.

([3]) *Elephas trogontherii et Elephas antiquus*, 1912, p. 13-16; *Elephas Columbi*, 1921, p. 87-90.

trois piliers sont anormales, et la séparation de leurs deux moitiés est l'effet de la pression. Or, d'après mes recherches, les lames à deux piliers sont tout aussi normales que les lames à trois piliers; les unes et les autres sont formées de deux tubercules congénères fusionnés, plus ou moins, par leurs bords internes, à partir de leur base vers leur sommet.

a. Quant à l'origine des *lames cunéiformes*, lesquelles d'après Sörgel sont des lames complètes qui « dans le cours de leur développement ont été déplacées » et poussées d'un seul côté de la couronne, l'explication est tout autre. D'après mes recherches, chaque lame cunéiforme est réellement une moitié de lame (en allemand *Halblamelle*), formée d'un seul tubercule, l'autre étant avorté, et dès l'origine elle occupe la place où l'on rencontre parmi les autres lames.

b. Sans doute on a fait intervenir l'action de la pression là où naturellement elle n'est pas dévoilée. Mais même si quelquefois l'action de la pression peut être invoquée à juste raison, d'autres fois on peut se demander, si une autre force ne s'est pas associée avec elle pour produire l'effet observé.

Par exemple, d'après Sörgel, la touffe de ramifications qui termine la couronne de quelques molaires d'éléphants est due à la pression qui « décompose le talon et souvent aussi les dernières lames en une agglomération irrégulière de digitations ». Or, pour répondre à cette question, j'ai mis à découvert les ramifications d'une touffe terminale de M_3 d'*Elephas meridionalis* et j'ai constaté qu'elle est une agglomération de digitations, de lames cunéiformes, de lames pseudocunéiformes et de lames complètes, dont la situation, rendue claire par la direction des crêtes radicales, au lieu d'être parallèle aux autres lames, c'est-à-dire normale, est oblique, perpendiculaire ou ployée en angle, c'est-à-dire anormale. Il s'agit donc d'une perturbation insolite survenue dans l'allongement antéro-postérieur de la couronne, indépendante de l'action de la pression des molaires, car derrière les M_3 il n'y a pas d'autres molaires.

J'ajoute que, d'après Pohlig, ces agglomérations de digitations sont l'effet de la croissance très énergique (en allemand *sehr energische Wachstum*).

c. Quant aux ramifications abondantes du T_a et T_{ad} attribuées à la pression, d'après mes recherches *elles sont dues en premier lieu à l'aptitude qu'a le collet à produire des pustules, digitations*, etc. Cette opinion est appuyée par le fait que, même dépourvu de toute marque de pression, le T_a est de beaucoup plus ramifié que les premières vraies lames de la couronne.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur les Hippopotames subfossiles de Madagascar et sur les connexions géographiques récentes de la Grande Ile avec le continent africain.* Note de M. L. Joleaud, présentée par M. Émile Haug.

Quatre espèces ou variétés d'Hippopotames subfossiles ont été décrites de Madagascar : *Hippopotamus Lemerlei* A. Grandidier, *H. madagascariensis* G. A. Guldberg, *H. leptorhynchus* A. Grandidier et H. Filhol, *H. amphibius Standini* Monnier et C. Lamberton ([1]).

Les deux premières dénominations désignent incontestablement une même espèce ([2]), d'ailleurs assez variable et dans laquelle j'ai observé, par exemple, à côté d'individus présentant les caractères habituels de la dentition tétraprotodonte, c'est-à-dire à première paire d'incisives beaucoup plus grande que la seconde, d'autres exemplaires dont les quatre incisives tendent à devenir subégales. Tel est le cas notamment des deux intermaxillaires droits de jeunes individus récemment découverts à Ampasambazimba, dans la région centrale de la grande île. Ces ossements, que M. Lamberton a eu l'obligeance de me communiquer, portent des incisives dont les axes de l'ellipse de base de la couronne mesurent, chez l'un 15/12^{mm} pour I_1, et 11/10^{mm} pour I_2, chez l'autre 10/8^{mm},5 pour I_1 et 9/7^{mm},5 pour I_2. Une telle tendance a depuis longtemps été signalée chez *H. hipponensis* : Gaudry donne pour le type du Villafranchien de Duvivier (Constantine) 23^{mm} à I_1 et 20^{mm} à I_2 de la mandibule; Pomel indique chez celui du Villafranchien de Saint-Arnaud (Constantine) 25/20^{mm} pour I_1 et 18^{mm} pour I_2 de la mandibule; Stromer signale chez ceux de l'Astien de l'oued Natroun (Égypte) à la mâchoire supérieure 15/10^{mm},5 pour I_1 et 18/13^{mm},5 pour I_2, à la mâchoire inférieure, dans un premier individu, 23/21^{mm} pour I_1 et 16^{mm},5 pour I_2, dans un deuxième individu, 16,7/16^{mm},5 pour I_1 et 16/12^{mm} pour I_2. Je ne pense cependant pas qu'il faille voir dans les jeunes Hippopotames d'Ampasambazimba les représentants d'une forme très archaïque spéciale, plus ou moins comparable à *H. hipponensis*, mais simplement des témoins de la grande variabilité de *H. madagascariensis*. Filhol et Grandidier avaient déjà signalé d'ailleurs, à côté d'Hippopotames subfossiles à

([1]) *Note sur des ossements subfossiles de Mananjary* (*Bull. Acad. Malgache*, nouv. série, t. 3, 1916-1917 (1922), p. 211-213, pl. VI-VII).

([2]) L. Joleaud, *Contribution à l'étude des Hippopotames fossiles* (*Bull. Soc. géol. France*, 4e série, t. 20, 1920, p. 13-26, pl. I).

incisives très différentes (I_1 : 21^mm; I_2 : 15^mm), (I_1 : 22^mm; I_2 : 19^mm), (I_1 : 21^mm; I_2 : 17^mm), d'autres individus à incisives tendant vers l'égalité (I_1 : 13^mm; I_2 : 11^mm), (I_1 : 16^mm; I_2 : 15^mm). Ces derniers, plus petits que les premiers, sont évidemment des jeunes. Blainville a d'ailleurs depuis longtemps fait connaître, chez un très petit *H. amphibius*, des incisives subégales, au nombre de 6 il est vrai.

La place taxonomique du troisième Hippopotame subfossile décrit de Madagascar, *H. leptorhynchus*, espèce non figurée, est impossible à préciser.

Le quatrième, *H. Standini*, d'après les documents que M. Lamberton m'a communiqués, semble bien être un Hippopotame amphibie. Sa mandibule indique une forme de médiocre taille, comparable à *H. amphibius Pentlandi* Meyer, du Pléistocène moyen des régions méditerranéennes (Livournais, Sicile, Malte, Crète). *H. Pentlandi*, comme *H. Standini*, n'atteint que les 3/4 de la taille de *H. amphibius* type et dépasse de 1/4 celle de *H. madagascariensis*. On trouve dans le Néogène méditerranéen deux espèces, dont les dimensions sont à peine plus faibles que celles de *H. Pentlandi* et *H. Standini :* ce sont *H. Pantanellii* Jol. du Pontien de Casino (Toscane) et *H. hipponensis;* mais la première de ces formes a 6 incisives au lieu des 4 de *H. Pentlandi* et *H. Standini* et la seconde se sépare de tous les types du genre par l'émail de ses canines bien moins fortement cannelé.

Une étude de synthèse critique, portant sur de nombreux ossements d'Hippopotames vivants et fossiles de l'Afrique et des régions méditerranéennes, m'a permis de me rendre compte de la très grande amplitude des variations, notamment en ce qui concerne la taille, chez *H. amphibius*. Loin d'appartenir à des phylums différents, les divers types décrits, *H. major* Owen, *robustus* Fraas, *sirensis*, *icosiensis* Pomel, *annectens*, *minor* Falconer, *Pentlandi* Meyer, *melitensis* Forsyth Major, sont tout au plus des variétés à caractère surtout géographique, comme les trois races actuelles du Cap (*H. australis* Duvernoy), du Congo (*H. constrictus* Miller) et des autres parties de l'Afrique (*H. typus* Duv.); on peut d'ailleurs établir dans cet ensemble de formes trois groupes sous-spécifiques basés sur des différences de taille : *H. a. major*, *H. amphibius* (type), *H. a. Pentlandi*.

En Afrique, l'Hippopotame amphibie apparaît au Villafranchien à l'Omo (Éthiopie). Si *H. madagascariensis*, en raison de ses caractères archaïques, peut être considéré comme un type assez ancien, dont la différenciation remonterait au plus au Burdigalien, par contre l'ancienneté de *H. amphibius* ne saurait être reculée au delà du Villafranchien. Les Hippopotames pré-

sentent encore aujourd'hui de remarquables facultés d'adaptation. On en a vu s'avancer un peu au large des bouches du Zambèze, se rendre par mer de l'estuaire d'un fleuve à celui d'un cours d'eau voisin, franchir le détroit entre la côte d'Afrique et l'île de Zanzibar. Néanmoins, ces Pachydermes ne s'écartent jamais de la zone littorale. Madagascar a donc été certainement reliée, pendant la deuxième partie des temps pliocènes ou au commencement de l'ère quaternaire, au continent africain, sinon par une terre complètement émergée, du moins par une chaîne d'îles et de hauts-fonds.

La faune subfossile de Madagascar n'avait été observée que sur les plateaux de l'ouest, du sud et du centre de l'île, avant les toutes récentes observations que viennent de nous faire connaître MM. Monnier et C. Lamberton. Il est curieux de constater que c'est précisément le nouveau point fossilifère décrit par ces auteurs aux environs de Mananjary, sur la côte est, qui a fourni l'Hippopotame amphibie, élément le plus jeune du milieu animal ancien et actuel de Madagascar.

La communication entre la grande île et le continent ne semble d'ailleurs pas s'être faite au Pliocène ou au Quaternaire à la latitude de Madagascar, mais plus au nord, à la hauteur des Comores. Cette toute récente liaison géographique a souvent été comparée à une chaîne d'iles, qu'auraient suivies, en dehors de l'Hippopotame, un Suidé, *Potamochœrus Edwardsi* A. Grandidier, considéré tantôt comme distinct, tantôt comme identique à *P. africanus* Schreb. du continent voisin. Les voyageurs rapportent que le Potamochère à masque aime beaucoup l'eau et affectionne plus particulièrement les fourrés humides, les marécages et les rives des fleuves. Cependant je ne sache pas qu'il ait jamais été vu en mer et par conséquent il est infiniment peu probable qu'il ait jamais traversé des détroits à la nage. La jonction entre Madagascar et l'Afrique à la fin des temps pliocènes ou au Quaternaire fut donc nettement continentale, comme celles qui se produisirent, à plusieurs reprises au cours de la dernière ère géologique, entre la Berbérie et l'Espagne ou l'Italie par les îles méditerranéennes : seulement de vastes marécages devaient la découper de telle sorte qu'aucun animal complètement terrestre ne pût l'emprunter.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur les mouvements ondulatoires de l'atmosphère et leur utilisation par l'Aviation sans moteur.* Note (¹) de M. **Albert Baldit**, présentée par M. J. Violle.

L'utilisation des courants ascendants atmosphériques par l'Aviation sans moteur pose à la Météorologie une question particulièrement intéressante, celle de savoir s'il existe des courants ascendants se propageant à des distances plus ou moins considérables et susceptibles d'être utilisés pratiquement. Si ces courants existent, est-il possible de les déceler, de les mesurer et d'en annoncer le passage? Existe-t-il une situation de la *carte du Temps* qui soit plus spécialement associée à de tels courants?

Je remarque tout d'abord que les courants ascendants ordinaires par échauffement anormal des couches basses peuvent parfois se propager assez loin, car il peut y avoir combinaison du mouvement vertical de la couche inférieure très chaude avec le déplacement de la couche supérieure à gradient vertical de température exagéré. Le courant atmosphérique possédera une composante ascendante tant que durera l'entraînement vers le haut de l'air chaud. De tels phénomènes, qui sont accompagnés en certains cas de l'enlèvement de matières légères, ne sont pas rares dans nos climats pendant la saison chaude.

Mais, d'une façon générale, les courants ascendants à propagation nette et durable se rencontrent dans les trois cas suivants : 1° à l'avant des dépressions barométriques; 2° dans les grains et les orages; 3° dans les mouvements à forme ondulatoire, analogues, dans leurs grandes lignes, aux mouvements ondulatoires simples qui se propagent dans les liquides. Si l'on observe que les mouvements anormaux des grains et des orages, et peut-être des dépressions, possèdent dans une certaine mesure les caractères du mouvement ondulatoire, on reconnaît que cette dernière catégorie englobe une grande partie des mouvements intéressants dans le cas actuel.

Le plus fréquemment, ces mouvements, dont une représentation nous est offerte par la classe spéciale et très étendue des nuages *ondulés*, n'ont pas une grande amplitude et ne peuvent être utilisés pratiquement. Mais il peut arriver que des ondes atmosphériques de grande amplitude (plus de 1^{km}) passent dans l'atmosphère, et que nous n'en avons connaissance que tout à fait par hasard, car rien ne les dévoile à l'observateur, si des appareils spéciaux ne sont pas à ce moment en station à l'endroit voulu.

(¹) Séance du 3 janvier 1923.

En étudiant la longue série de sondages effectués pendant la guerre à la Station météorologique militaire de Châlons-sur-Marne, sondages effectués avec un ou deux théodolites et avec un ballon captif muni d'anémomètres Rothé, j'ai retrouvé un certain nombre de cas où des mouvements ondulatoires de longue période et de grande amplitude sont passés au-dessus de la station sans provoquer de phénomènes visibles particuliers. Lorsque le mouvement ondulatoire est très développé, les sondages à un seul théodolite effectués à intervalles rapprochés le mettent aisément en évidence, car le passage de l'onde provoque dans le mouvement ascensionnel du ballon-pilote une forte perturbation qui se traduit par une augmentation ou une diminution anormale des vitesses horizontales. La comparaison de ces vitesses avec celles des sondages antérieur et postérieur ainsi que leur rapprochement des vitesses mesurées avec un anémomètre attaché au ballon-captif, permettent de calculer avec une approximation suffisante le mouvement vertical de l'air.

Le 31 mai 1918, à Châlons-sur-Marne, le ciel reste presque complètement clair pendant toute la journée, et le vent souffle des directions N-E depuis le sol jusqu'à 9000^{m} d'altitude. Sa vitesse est en moyenne de 10^{m} par seconde à toutes hauteurs.

D'un sondage effectué à 15^{h}, nous déduisons les vitesses verticales suivantes exprimées en mètres par seconde (les vitesses ascendantes sont précédées du signe +, les vitesses descendantes du signe —) :

Altitude.	Vitesses verticales.	Altitude.	Vitesses verticales.	Altitude.	Vitesses verticales.
m		m		m	
180.......	—1	950.......	0	1840.......	+1
240.......	—1	1050.......	0	2000.......	+2
340.......	—3	1160.......	0	2170.......	+2
440.......	—2	1280.......	+1	2360.......	+3
540.......	—2	1400.......	+1	2520.......	+2
640.......	—1	1520.......	+1	2660.......	+1
780.......	—1	1620.......	0	2790.......	+1
860.......	—1	1720.......	0	2990.......	0

On peut ainsi partager la couche d'air traversée en trois parties : dans la première, s'étendant depuis le sol jusqu'à l'altitude de 1000^{m}, le mouvement vertical est descendant, avec vitesse maximum de 3 m : sec; dans la seconde, comprise entre 1000^{m} et 1800^{m}, l'air n'a pas de mouvement vertical appréciable; dans la troisième partie, située entre 1800^{m} et 3000^{m}, le mouvement est ascendant avec vitesse maximum de 3 m : sec.

Si l'on compose ces mouvements verticaux avec le mouvement horizontal du ballon, on peut reconstituer la trajectoire réelle, et l'on arrive à cette

constatation, que le ballon pilote a atteint et dépassé une onde atmosphérique marchant moins vite que lui et dont la forme et les propriétés sont analogues à celles d'une onde sinusoïdale simple à mouvement irrotationnel se propageant dans un liquide.

La propagation de cette onde dans une direction voisine de celle du Nord vers le Sud est confirmée par le fait suivant. A peine venions-nous d'observer le passage de cette onde qu'une communication téléphonique nous avertissait que les ballons captifs du front allemand venaient d'être ramenés au sol, et que les ballons du front français avaient subi des tensions anormales dont la variation dépassait 400^{kg}. Les unités aéronautiques intéressées nous demandaient en même temps des renseignements sur la nature de ce phénomène. Nous pouvons ainsi vérifier *a posteriori* la propagation du mouvement ondulatoire et fixer la distance de propagation à un minimum de 80^{km} au moins. Il est d'ailleurs à peu près certain que la distance réelle a été beaucoup plus considérable. Nous ajouterons que rien dans l'état du ciel ne nous aurait permis de reconnaître le passage de ce phénomène. En particulier la nébulosité est restée constamment nulle ou très faible, sans la présence de nuages autres que quelques fracto-cumulus.

La situation à laquelle semblent se rapporter ces anomalies est très nette. Elle consiste en un anticyclone centré sur les Iles Britanniques. C'est une situation que l'on rencontre fréquemment en saison intermédiaire, en mai et septembre en particulier. Elle se rattache parfois à une avance des isothermes depuis les régions Nord, et constitue une situation intéressante à plus d'un titre. Il est possible que de tels mouvements ondulatoires soient provoqués précisément par l'avance d'une nappe froide venant des latitudes élevées et occasionnant toute une série de phénomènes plus ou moins marqués, orages ou grains, dont le phénomène ondulatoire examiné ici n'est qu'un cas particulier. Ce mouvement aurait dans certains cas quelque analogie avec le phénomène de l'onde solitaire en hydrodynamique.

Comme moyen d'investigation, le ballon captif muni de tensiomètres et d'anénomètres enregistreurs est indiqué. Il constitue un moyen d'étude pratique. En même temps, l'échelonnement de plusieurs ballons sur deux lignes perpendiculaires permet de déterminer les valeurs caractéristiques du mouvement ondulatoire.

L'utilisation de pareils mouvements ascendants par l'Aviation sans moteur consisterait — toutes réserves étant faites sur la rareté et l'irrégularité de ces phénomènes — à évoluer dans le champ des vitesses ascendantes, sans sortir de ce champ. Dans ce cas le déplacement horizontal de l'avion sera donné par le déplacement de l'onde.

MÉTÉOROLOGIE. — *Quantité de chaleur reçue par la Terre au cours des saisons.* Note (¹) de M. **Jean Mascart**, présentée par M. Marcel Brillouin.

L'unité de temps fait défaut aux géologues pour apprécier les intervalles des diverses périodes glaciaires dont ils ont relevé la trace dans les terrains les plus différents : si l'on suppose implicitement que les glaciations ont quelque caractère de périodicité. Il est bien naturel d'en rechercher l'origine dans les variations astronomiques connues de l'orbite terrestre et leurs diverses combinaisons, et la littérature, fort abondante à cet égard, est jalonnée par les travaux de Reynaud, Lyell, Croll, Tchiatcheff, Drayson, etc. De plus, aujourd'hui, il semble que la qualité, la composition variable de notre atmosphère joue un rôle essentiel (Arrhenius), de sorte que le problème résulte d'uue combinaison de causes astronomiques et de causes physiques.

Dès le début, on suppose qu'une période glaciaire correspondant à une moindre quantité de chaleur reçue par la Terre : grave erreur, selon Tyndall, car les abondantes chutes de neiges exigent de la chaleur, ce que Falsan résume sous la forme exacte « le froid tuerait les glaciers »; pas de chaleur, pas d'évaporation, pas de neige, pas de glaciers — tandis que l'excès de chaleur empêche la chute de neige sur les montagnes. Il s'agit donc d'un phénomène d'équilibre : dans le refroidissement progressif du soleil, balancement des conditions favorables au double mécanisme d'évaporation des mers et de condensation sur les glaciers.

Un été qui correspond, comme maintenant, à l'éloignement maximum du Soleil doit-il différer d'un été en relation avec le minimum futur de cette distance? Arago répond négativement car si la plus courte distance les rend plus chauds, la vitesse plus considérable raccourcit le printemps et l'été de 7 jours chacun — d'où compensation; étudiant les deux groupes de saisons dues soit à l'inclinaison, soit à l'excentricité, Reynaud obtient des résultats en contradiction avec ceux d'Arago. Le problème complet reste à résoudre : on sait aujourd'hui que, outre les qualités de l'atmosphère, il peut y avoir certaines compensations d'un à l'autre hémisphère, influences de régimes de courants aériens ou marins, du relief, ou simplement des travaux de l'homme.

Examinons de plus près la conclusion d'Arago.

(¹) Séance du 3 janvier 1923.

Supposons constant le pouvoir émissif du Soleil à faisceau calorifique parallèle : la quantité de chaleur reçue par la Terre est celle que recevrait un disque de même rayon, de plan constamment normal au rayon vecteur. Soient a, u, e le demi-grand axe, l'anomalie excentrique et l'excentricité de l'orbite terrestre; q la quantité de chaleur que reçoit la Terre à l'unité de distance et pendant l'unité de temps; à la distance r et pendant le temps dt elle recevra $q\frac{dt}{r^2}$ et, pendant un intervalle de temps θ,

$$Q = q\int_0^\theta \frac{dt}{r^2} \qquad \text{avec} \qquad r = a(1 - e\cos u).$$

Or, en vertu de la loi des aires,

$$\frac{2\pi t}{T} = u - e\sin u \qquad \text{ou} \qquad dt = \frac{T}{2\pi}(1 - e\cos u)\,du,$$

T étant la durée d'une année tropique, d'où

$$Q = \frac{qT}{2\pi a^2}\int_{u_0}^{u_1} \frac{du}{1 - e\cos u}.$$

Posons

$$\tang\frac{u}{2} = \lambda, \qquad \cos u = \frac{1-\lambda^2}{1+\lambda^2}, \qquad \sin u = \frac{2\lambda}{1+\lambda^2}, \qquad du = \frac{2\,d\lambda}{1+\lambda^2},$$

$$\tang\frac{\varpi}{2} = \sqrt{\frac{1+e}{1-e}}\tang\frac{u}{2} \qquad (\varpi = \text{anomalie vraie});$$

il vient

$$\int_{u_0}^{u_1}\frac{du}{1-e\cos u} = \int_{\lambda_0}^{\lambda_1}\frac{2\,d\lambda}{1-e+(1+e)\lambda^2} = \left[\frac{2}{\sqrt{1-e^2}}\operatorname{arc\,tang}\sqrt{\frac{1+e}{1-e}}\lambda\right]_{\lambda_0}^{\lambda_1}$$
$$= \left[\frac{2}{\sqrt{1-e^2}}\operatorname{arc\,tang}\left(\tang\frac{\varpi}{2}\right)\right]_{\varpi_0}^{\varpi_1} = \left[\frac{\varpi}{\sqrt{1-e^2}}\right]_{\varpi_0}^{\varpi_1}$$

ou

$$Q = \frac{qT}{2\pi a^2\sqrt{1-e^2}}[\varpi]_{\varpi_0}^{\varpi_1}.$$

Or, le commencement des quatre saisons est marqué par les valeurs

$$0, \qquad \frac{\pi}{2}, \qquad \pi, \qquad \frac{3\pi}{2}$$

de la longitude du Soleil et, pendant chaque saison, l'anomalie vraie et la longitude varient de $\frac{\pi}{2}$. Donc :

La Terre reçoit la même quantité de chaleur $\frac{qT}{4a^2\sqrt{1-e^2}}$ *pendant chacune des quatre saisons* et l'on voit, très simplement, l'influence que peuvent avoir les variations à longue période de a et e.

On pouvait, aussi, raisonner directement : la quantité de chaleur reçue pendant un temps θ est, à un facteur constant près, $S\frac{dt}{r^2}$; or dt est proportionnel à l'aire élémentaire décrite $r^2\,d\omega$, et $S\frac{dt}{r^2}$ est proportionnel à $S\,d\omega$. Or pendant chaque saison, $S\,d\omega = \frac{\pi}{2}$, donc....

Le point vernal a un mouvement rétrograde annuel de 50″ (la ligne des apsides tournant de 11″ dans le sens direct) et se rapproche ainsi du périgée de 1′ par an; l'équinoxe se produit donc lorsque le Soleil est en des points différents de son orbite, faisant varier la durée des saisons : le solstice d'hiver, qui se présente actuellement vers l'époque du périhélie, correspondra à l'aphélie dans 10000 ans $\left(\frac{180^\circ}{1'}\right)$.

Sans faire intervenir les rôles distincts des deux hémisphères, car la Terre n'est pas un simple disque, avec les phénomènes très complexes d'échanges et de compensation partielle, on voit par ce qui précède que la Terre *reçoit* la même quantité de chaleur en été qu'en hiver, puisque celle-ci est la même pendant les durées qui séparent les passages successifs du Soleil en quatre points de son orbite dont les angles polaires diffèrent de 90°.

Mais, pour le phénomène *complet*, le temps intervient cependant, car le Soleil ne couvre pas toute la sphère céleste : jour et nuit, la Terre rayonne vers l'espace la chaleur qu'elle a reçue du Soleil, et pendant plus longtemps quand la saison est plus longue; de sorte que, *au total*, quand le Soleil est loin, la Terre reçoit algébriquement moins de chaleur de l'ensemble des astres, et la compensation indiquée par Arago est inexacte.

HYDROLOGIE. — *Considérations sur la formation des sources.* Note [1] de M. F. Diénert.

On sait qu'il existe deux sortes de sources : les sources d'affleurement et les sources de thalweg.

On distingue deux types de sources d'affleurement : les unes sortent du

[1] Séance du 3 janvier 1923.

sol aux points bas des affleurements des vallonnements de la couche imperméable sur laquelle repose l'eau souterraine. Les autres résultent du recoupement des diaclases souterraines par une vallée plus ou moins profonde, par exemple les sources de Cailly dans la vallée de l'Eure.

Les sources de thalweg se sont formées grâce à une ou plusieurs fissures verticales qui ont permis de faire communiquer les diaclases plus ou moins profondes avec la surface du sol. Aux sources de Bourron (vallée du Loing) les forages exécutés en vue du captage de ces eaux ont rencontré à 20^m et 30^m de profondeur des diaclases très aquifères, donnant de l'eau jaillissante ayant une composition chimique et une température uniformes.

On doit admettre que progressivement, par suite du drainage intensif exercé par la source sur les eaux environnantes, les diaclases se sont agrandies peu à peu aux alentours de la source surtout par l'action mécanique et, à un degré moindre, par l'action chimique des eaux courantes.

On tire de cette constatation deux conclusions d'ordre pratique : la première c'est qu'aux alentours d'une source de thalweg on peut faire des forages avec la probabilité, dépassant souvent 95 pour 100, de rencontrer à une profondeur variable une diaclase débitant de l'eau. La seconde conclusion c'est que dans le cours des temps les diaclases s'agrandissent et la source doit augmenter de débit tant que la réserve souterraine est suffisante pour fournir, en plus des pluies annuelles, l'appoint d'eau débité en supplément par les diaclases élargies. Quand cette réserve sera épuisée le débit de la source variera avec les saisons et l'intensité des pluies. Les eaux infiltrées seront rejetées si rapidement par le sol, qu'en saison sèche, ces sources s'assécheront.

Un exemple typique d'une source de ce genre est fourni par les sources de Druyes-les-Belles-Fontaines, dans l'Yonne.

L'eau d'une source peut provenir de couches géologiques différentes. Les fissures verticales qui font communiquer les diaclases avec la surface du sol sont susceptibles de descendre à travers deux ou plusieurs couches géologiques superposées. Dans un gisement géologique déterminé, comme aux sources de Bourron, les eaux peuvent provenir de diaclases situées à des profondeurs ayant entre elles une différence de 10^m, tout en ayant la même température ($11°,2$). Nous avons constaté qu'aux sources de Mandres (Vallée d'Yerres) on récoltait, dans la galerie de captage, des eaux ayant une température de $12°,1$, et d'autres eaux ayant une température de $13°,9$. Ces eaux proviennent de diaclases situées à des profondeurs très différentes. Les eaux les moins chaudes sortent de fissures situées

à 5^m ou 6^m de profondeur dans le travertin de Champigny, les eaux les plus chaudes sont issues d'une profondeur de plus de 50^m, c'est-à-dire de la partie inférieure du Bartonien ou de la partie supérieure du Lutécien.

L'analyse chimique montre que ces eaux se différencient par leur teneur en silice et en alumine.

	Eau à 12°,1.	Eau à 13°,9.
Résistivité électrique en ohms à 18°......	2250	2205
Silice (mg par litre)......................	12,4	19,8
Fer et alumine (mg par litre)............	1,8	7,8 (surtout Al^2O^3)
Chaux...............................	134,4	134,2
Magnésie..............................	10,6	12,0

Quand on pompe peu dans cette galerie, on a des eaux chaudes; la température s'abaisse quand on pompe d'une façon intensive.

Je suis porté à croire, par l'exemple des sources de Mandres, que les fissures verticales, qui facilitent l'arrivée des eaux souterraines à la surface du sol, ne se sont pas formées fortuitement dans ces terrains sédimentaires en place. Une cause dynamique inconnue a dû intervenir qui a affecté les couches géologiques plus ou moins profondes.

Cet exemple montre encore, comme nous n'avons jamais cessé de le répéter, que la détermination de la température de l'eau d'une émergence présente le plus grand intérêt pour situer approximativement la couche géologique et le périmètre d'alimentation de cette eau.

Si, dans le cours d'une année, on constate une variation brusque de température après les pluies, c'est que la source reçoit très rapidement des eaux superficielles. Si la variation est lente et en rapport avec la température de l'atmosphère, la source provient d'une couche géologique peu épaisse et très superficielle. Enfin si la variation de température dépend soit du pompage, soit du débit de l'eau de l'émergence, il y a lieu de soupçonner l'arrivée d'eau de profondeurs diverses.

HYDROLOGIE. — *Sur l'emploi de l'émanation du thorium en inhalation.* Note (1) de MM. **J. Cluzet** et **A. Chevallier**, présentée par M. Charles Richet.

Les dérivés du thorium ne sont actuellement utilisés, comme médicaments, qu'en injection ou en boisson; or nous avons été conduits à admi-

(1) Séance du 3 janvier 1923.

nistrer directement, par la voie respiratoire, l'émanation du thorium produite par les sédiments de la station de l'Échaillon, dont nous avons précédemment étudié la radioactivité (¹). Ces sédiments, débarrassés de diverses substances inactives, donnent une poudre dont la radioactivité α est légèrement inférieure à celle de l'oxyde d'uranium, à quantité et surfaces égales. Voici les dispositifs très simples que nous avons adoptés, soit dans nos recherches expérimentales, soit dans nos essais thérapeutiques, pour faire inhaler l'émanation du thorium produite constamment par la poudre, riche en radiothorium :

Un flacon à double tubulure, de 3ˡ de capacité, contient au fond environ 200ᵍ de notre substance radioactive; un tube de verre conduit à la partie inférieure du flacon l'air venu de l'extérieur, tandis qu'un autre tube, muni à son orifice interne d'un manchon de plusieurs épaisseurs de gaze, destiné à empêcher la sortie de la poudre, permet d'effectuer l'aspiration. L'émanation produite dans le flacon est ainsi entraînée en grande partie par le courant d'air, lorsque le tube d'aspiration est réuni soit à un embout que le sujet tient entre ses lèvres, soit à un masque à deux soupapes qui est appliqué sur la figure, de telle sorte que le nez et la bouche soient recouverts. Au cours de nos recherches expérimentales, le tube d'aspiration communiquait avec une cloche dans laquelle se trouvait enfermé l'animal; une trompe à eau établissait dans la cloche un appel continu de l'air chargé d'émanation. Afin d'augmenter la surface d'émission de la poudre radioactive, nous avons aussi placé celle-ci dans un tube métallique de 1^m de longueur et de 5^{cm} de diamètre, maintenu toujours horizontalement et ouvert à ses deux extrémités. Afin d'éviter l'entraînement de la poudre, un sac de fine flanelle occupait toute la longueur de la partie axiale du tube, de telle sorte que l'ouverture du sac était fixée à l'orifice d'aspiration : la poudre se trouvait enfermée dans l'espace annulaire compris entre les parois métalliques du tube et le sac de flanelle.

Nous avons mesuré, au moyen d'un électroscope gradué en volts, la quantité d'émanation en équilibre, ou produite en 76 secondes, dans chaque appareil; l'évaluation était exprimée en unités maches, c'est-à-dire en millièmes d'unité électrostatique, la définition du curie s'appliquant proprement à l'émanation du radium. Avec le flacon on obtient 477,5 maches pour l'émanation en équilibre, soit 350 maches par minute; avec le tube, on obtient 764 maches, soit 500 maches par minute.

La dose appliquée variait suivant le but thérapeutique poursuivi. Dans les cas où une dose relativement forte était indiquée, comme dans la leucémie, l'inhalation, effectuée avec le tube, avait une durée moyenne de 48 heures réparties suivant 15 jours consécutifs; on peut évaluer à

(¹) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 1163.

1650240 maches la quantité d'émanation de thorium produite par l'appareil pendant ce temps. Mais dans les cas comme dans l'anémie, où une dose plus faible paraissait préférable, les inhalations étaient effectuées avec le flacon et avaient une durée de 20 heures réparties dans 10 jours consécutifs; l'appareil produisait alors 429750 maches pendant toute la durée de l'application.

Par suite de la fréquence des inspirations, aussi bien que par suite de la proximité de la bouche et du radiothorium, on peut admettre que la dose absorbée par le patient est voisine de la quantité d'émanation en équilibre; d'ailleurs les mesures effectuées en plaçant l'électroscope entre l'appareil et le masque, pendant une séance d'inhalation, donnent une dose qui se rapproche beaucoup de la quantité en équilibre. Nous nous sommes arrêtés aux doses thérapeutiques ci-dessus à la suite d'un certain nombre d'observations, où les résultats ont été bien caractérisés, soit par la destruction des leucocytes anormaux dans les leucémies, soit par l'augmentation du nombre des hématies dans l'anémie, soit par l'élimination considérable de l'acide urique dans l'urine des uricémiques. Ces doses peuvent être considérées comme certainement efficaces, mais il y aurait danger à les dépasser notablement. Dans nos expériences sur le cobaye, la mort, précédée d'une leucopénie extrême, est survenue après 8 jours de séjour dans la cloche; la quantité d'émanation produite pendant ce temps était de 4125620 maches.

En somme, en utilisant le radiothorium d'une station hydrominérale pour employer directement l'émanation du thorium, en inhalation, nous avons obtenu des résultats thérapeutiques analogues à ceux que donnent les autres modes d'emploi de la radioactivité.

MYCOLOGIE. — *Sur les jardins à champignons de l'* Eutermes Matangensis *Haviland*. Note de M. **Jean Bathellier**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Les *Eutermes* ou Termites possédant des soldats *nasuti*, passent pour ne point faire, en général, de cultures mycéliennes [1] : celles-ci étant connues jusqu'ici, presque exclusivement, chez les Termes vrais.

L'*Eutermes matangensis* Haviland m'a fourni l'occasion d'étudier des cultures de champignons incontestables.

---

[1] O.-M. Bequaert (*Rev. zool. afric.*, t. 2, 1913, p. 396) a signalé du mycélium avec des champignons à chapeaux à la surface du nid ou des galeries de divers *Eutermes* africains, mais ces végétations ne sont point produites sur des meules comme dans les Termites champignonnistes.

Ce Termite place au-dessus du sol l'habitation de la reine où l'on trouve aussi les jeunes à certains moments de leur existence. Le nid est situé sur les arbres, dans le bois pourri des branches mortes ou bien à l'intérieur des murs dans les interstices de la maçonnerie. Les rocailles naturelles doivent aussi pouvoir en abriter. Il est constitué simplement par les fentes et cavités du substratum que l'insecte tapisse et garnit de cloisons en « carton de bois ».

Le nid est en relation avec le dehors par plusieurs galeries verticales, faites de la même matière; d'autres galeries se produisent au moment où la ponte de la reine paraît plus intense : au printemps et en été. Celles-ci s'enfoncent dans la terre et mènent à des chambres contenant les cultures mycéliennes. J'ai cherché inutilement chambres et cultures en automne : les insectes paraissent les avoir alors désertées et les pluies les avoir détruites.

Le 19 juillet 1922, j'examinai une termitière à ce point de vue et les résultat obtenus peuvent servir d'exemple.

Sur l'emplacement du réseau de conduits superficiels souterrains, je creusai une petite tranchée qui rencontra, vers 20^{cm} de profondeur, une cavité contenant une meule à champignons; cette cavité était en relation avec les galeries souterraines et avait le même poli intérieur.

Fouillant de plus en plus à droite et à gauche, je constatai que le même système de canaux réunissait entre elles toute une série de chambres analogues : j'en trouvai 12 dont la profondeur variait de 7^{cm} à 20^{cm}.

Toutes ces chambres, polies comme je l'ai dit plus haut, contenaient, sauf une, des meules à champignons. Ces meules étaient irrégulièrement ellipsoïdes, parfois en forme de rein, parfois encore plus contournée. Les angles en étaient soigneusement arrondis. A la base on distinguait parfaitement les très petits orifices qui servent à la circulation des habitants : j'en ai observé de un à trois. La plus grande dimension des cavités variait de 3^{cm} à 5^{cm}, leur plus petite de 2^{cm} à 3^{cm}. J'ai pu en conserver quelques-unes en détachant la motte où elles étaient creusées.

Quant aux meules elles-mêmes, les plus grosses avaient environ $4^{cm} \times 3^{cm}$ et les plus petites 1^{cm} dans tous les sens. Leur forme correspondait à celle de la chambre qui les contenait. Elles étaient faites d'une matière jaunâtre, ocreuse, disposée en travées laissant entre elles des vides irréguliers et étroits. Le modelé général rappelle celui de l'amande des noix. On peut aussi penser à certains madrépores, ou même, pour les parties les plus compactes, à un cerveau de mammifère. On les trouvait couvertes de très

petites mycotêtes blanches. La substance élémentaire se présente sous forme de grains sphériques, juxtaposés, d'environ $0^{mm},5$ de diamètre, rappelant tout à fait les œufs de poissons. Ces grains devaient posséder une consistance assez ferme lorsqu'ils ont été accumulés : ils ont bien conservé leur aspect arrondi. Ils adhèrent peu les uns aux autres. La meule de l'*Eutermes matangensis* est très friable.

L'observation microscopique m'a montré que la substance des meules est formée de débris ligneux peu digérés et tels que l'ornementation des cellules et des vaisseaux du bois est encore très reconnaissable. Les tissus sont peu dilacérés, il y a des fragments comprenant de nombreux éléments cellulaires. On trouve une matière tout à fait semblable dans la partie antérieure de l'intestin moyen des Termites.

Les mycotêtes ont exactement la structure et l'évolution de celles que j'ai observées chez les *Termes* vrais et des *Coptotermes*. Or j'ai pu suivre le développement de ces dernières et je suis en possession de faits précis établissant que le champignon ainsi cultivé est un *Xylaria*.

Le cas des Eutermes me semble donc devoir être ramené, à cet égard, à celui des *Termes* vrais.

PHYSIOLOGIE. — *Ferments oxydants et thermogenèse.*
Note (¹) de M. G. **Marinesco**, présentée par M. Charles Richet.

Nos recherches histologiques, pratiquées avec la méthode des oxydases, nous permettent d'établir une relation étroite entre le niveau thermique différent des animaux dits homéothermes, hétérothermes ou hibernants et la quantité de ferments oxydants qu'on peut déceler, par la méthode histologique des oxydases, chez ces animaux. En effet, lorsqu'on examine les organes d'oiseaux on est frappé par la richesse des oxydases qui s'y trouvent, principalement dans les différents muscles et davantage encore dans le grand pectoral. Dans les fibres musculaires, les granulations sont disposées d'une manière linéaire et siègent à la surface des fibrilles musculaires. Il est à remarquer que la densité et le volume de ces granulations diffèrent suivant les fibres musculaires, car il y a des fibres plus riches que les autres en ferments oxydants. Le cœur des oiseaux est plus riche en oxydases que celui des mammifères et encore plus que celui des batraciens.

(¹) Séance du 3 janvier 1923.

Les ovules, comme d'ailleurs tous les organes, sont également très riches en ferments oxydants et en lipoïdes, mais il y a encore un autre phénomène d'une importance moyenne, c'est la présence d'un nombre plus ou moins considérable d'oxydases dans l'intérieur des globules rouges; leur quantité varie selon l'espèce des oiseaux. Elles siègent au voisinage du noyau où elles forment comme une espèce de couronne autour de cet organe.

Le système nerveux, les ganglions périphériques et les muscles, de même que les autres organes des animaux hétérothermes contiennent une quantité moins considérable de ferments oxydants que les mêmes organes chez les animaux homéothermes et surtout chez les oiseaux, et cette quantité est encore plus réduite pendant l'hibernation.

C'est ainsi que les muscles de la grenouille en hibernation sont très pauvres en oxydases et celles-ci existent surtout au voisinage des petits vaisseaux qui contiennent des oxydasophores. Mais ce qui est remarquable et fait contraste avec tous les autres muscles striés de la grenouille en hibernation, c'est la grande quantité d'oxydases qui existe dans le muscle cardiaque chez elle pendant toutes les saisons. On sait d'ailleurs que, au point de vue du métabolisme, le cœur de grenouille se comporte comme le cœur des mammifères. C'est là une preuve éclatante en faveur de la relation qui existe entre la quantité des oxydases et l'énergie fonctionnelle d'un organe donné. Ensuite la quantité de ferments oxydants dans les muscles est fonction du degré de la température ambiante. On peut faire apparaître, dans les fibres striées, un grand nombre de granulations d'oxydases si l'on garde la grenouille en hibernation pendant quelques jours, à la température de 20°.

Ces constatations nous autorisent à introduire dans la genèse de la chaleur animale et la conservation de l'équilibre thermique un nouveau facteur, à savoir : la quantité d'oxydases contenues dans les organes et le système nerveux des homéothermes et des hétérothermes. Les premiers sont polyoxydasiques, et les seconds oligooxydasiques ou pœcilooxydasiques. Le système nerveux de ces derniers animaux étant pourvu d'une quantité variable d'oxydases, celles-ci ne peuvent pas entretenir l'équilibre thermique de l'organisme. Aussi sont-ils très influençables par le milieu. Par contre, chez les animaux homéothermes, animaux polyoxydasiques, la quantité d'oxydases est considérable dans le système nerveux et dans les organes. Il y a plus, les hématies nucléées des oiseaux sont pourvues d'oxydases, tandis que celles des animaux oligooxydasiques, malgré qu'elles soient également nucléées, n'en contiennent presque pas. Par conséquent, chez les

oiseaux il y a des phénomènes d'oxydation, non seulement dans l'intimité des tissus, mais également dans ce tissu liquide qui s'appelle le sang. Et, à ce point de vue, il est à rapprocher de la température plus élevée des fœtus des mammifères de celle des oiseaux.

En effet, pendant les premières époques de la vie embryonnaire, comme je l'ai constaté chez l'embryon et le fœtus humain, les globules rouges nucléés sont pourvus de ferments oxydants.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Recherches sur le* P_H *d'arrêt de la division de l'œuf d'Oursin.* Note de MM. **F. Vlès**, **J. Dragoiu** et **M. Rose**, présentée par M. Henneguy.

On sait que l'augmentation de la concentration des ions H^+ extérieurs est susceptible d'arrêter la prolifération cellulaire : les bactériologistes ont depuis longtemps montré que les bactéries ont, dans l'échelle des P_H, une limite de croissance caractéristique de l'espèce. Les cultures de tissus de Vertébrés présentent des propriétés analogues [1]. Un abaissement de P_H, comme l'a récemment indiqué Gray [2], sans préciser les valeurs du phénomène, est également susceptible d'arrêter réversiblement la division de l'œuf d'Oursin. D'une manière générale, il est d'ailleurs évident, d'après les conceptions actuelles de Loeb, que des conditions physico-chimiques dépendant des modifications des ions H^+ soient susceptibles de toucher de très près des facteurs importants du mécanisme de la division. Nous avons cru devoir reprendre l'étude systématique de ces phénomènes sur la division de l'œuf d'Oursin.

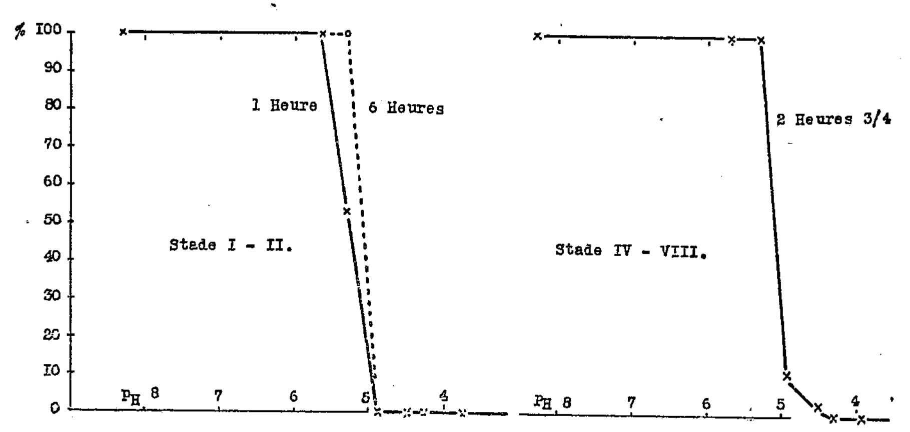
Les œufs (de *Paracentrotus lividus* Lk), fécondés normalement dans l'eau de mer, étaient, au début de l'étirement du fuseau de la première division, immergés, par lots de quantités égales provenant de la même origine, dans des quantités égales de liquides de divers P_H dont on trouvera la préparation plus loin. Sur les œufs en expérience (et sur des témoins normaux évoluant parallèlement), on faisait périodiquement des numérations statistiques permettant de déterminer le pourcentage d'œufs ayant terminé correctement leur première division, de ceux bloqués ou ayant pris une évolution anormale.

---

(1) Kronowski et Razinowska, *Journ. of Physiol.*, t. 56, 1922.

(2) Gray, *Quart. Journ. of Micr. Sc.*, 1922.

Les solutions étaient établies par acidification d'eau de mer au moyen de HCl concentré, suivant une technique déjà décrite (¹). Ces solutions étaient soigneusement établies, avec les corrections de salinité d'usage, par comparaison avec les étalons usuels (acide acétique, acétate de Na, Walpole, etc.), la mesure colorimétrique étant faite soit par la comparaison en tubes du procédé Sörensen, soit par la méthode spectrophotométrique [Vlès (²)].



Pourcentage des œufs ayant terminé la première et la troisième division dans les eaux de mer de P_H décroissants après les temps d'immersion indiqués sur les courbes.

Les résultats obtenus dans ces conditions ont été les suivants :

1° Pour les P_H élevés (entre l'eau de mer normale, P_H 8,1 et P_H 6 environ), les modifications sont très faibles. Tout au plus note-t-on souvent une légère augmentation du pourcentage des œufs segmentés par rapport aux témoins normaux; ce dernier fait est à rapprocher de ce qu'ont vu Girard et Audubert (³) pour les bactéries soumises à l'action de cations, dont le premier effet est de produire une excitation de croissance.

2° Pour les P_H faibles, inférieurs à 4, le blocage de la division est au contraire total; 100 pour 100 des œufs en division se retrouvent à la fin à l'état sphérique, avec des modifications d'aspect qui seront décrites ultérieurement.

3° Dans la zone étroite intermédiaire qui va de P_H 6 à P_H 4 environ, on observe un brusque fléchissement dans la vitesse de la division; le pourcen-

(¹) Vlès et Nouel, *Arch. Physique biol.*, 1922.

(²) Vlès, *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 643.

(³) Girard et Audubert, *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 351.

tage des œufs divisés passe de 100 à 0. Dans les P_H les plus élevés de cette zone, le développement, lorsqu'il se continue, est simplement ralenti et se fait avec apparitions de formes anormales; en particulier on voit naître des stades à trois blastomères analogues à ceux que l'on connaît dans certaines parthénogenèses expérimentales. L'inhibition totale de la division correspond, pour la moyenne des œufs et dans les conditions de nos expériences (température 18°), à une valeur critique comprise entre P_H 5,2 et P_H 4,9.

Des expériences équivalentes, faites sur les divisions postérieures à la première, donnent des résultats analogues, sauf que les valeurs critiques semblent se déplacer très légèrement vers les faibles P_H en fonction du stade. Dans certains cas s'observent des aspects correspondant à des refusionnements entre blastomères, tenant visiblement aux modifications de tension superficielle apparues au point de contact entre les blastomères et le liquide environnant. Enfin, au voisinage du point critique, dans les expériences prolongées, se montrent de nombreuses cytolyses.

Il y a lieu de remarquer que le P_H intérieur de l'œuf d'Oursin normal paraît être assez bas. Déjà Schucking (1903) [1] avait noté la forte acidité de l'œuf; Warburg, Harvey, Herlant [2] ont décrit que le rouge neutre, en coloration vitale, est pris par l'œuf en *rouge* et non en *jaune*, ce qui indique un P_H inférieur à 8. En suivant au microscope l'écrasement d'œufs dans des indicateurs, on constate que la substance des œufs au diaster prend initialement le rouge méthyle en *jaune* et non en *rouge*, le brown-thymol-blue et le brown-crésol-purple de Clark et Lubs en *jaune* et non en *bleu* ou en *violet;* avec les réserves à faire pour les « corrections protéiques » inconnues dans de telles conditions, mais vraisemblablement importantes, le P_H intérieur de l'œuf devrait donc être à ce moment grossièrement compris entre 5 et 6. La division est donc inhibée au moment où le P_H extérieur traverse une zone critique renfermant la valeur *initiale* du P_H intérieur [3]. Quoiqu'il soit certain, en vertu des équilibres de Donnan, que le P_H intérieur de l'œuf

---

(1) SCHUCKING, *Pflüger's Arch.*, 1903.

(2) WARBURG, *Zeit. physiol. Chem.*, 1910. — HARVEY, *Carnegie Inst.*, 1913. — HERLANT, *Arch. de Biol.*, 1920.

(3) On pourrait se demander si, en retournant le problème et en le généralisant, la détermination du P_H d'arrêt de la prolifération d'un élément cellulaire quelconque ne pourrait pas être utilisée pour nous donner un renseignement sur le P_H, intérieur de cet élément, et si nous n'avons pas là par hasard la base d'une méthode qui serait, pour les ions H, un parallèle à la méthode plasmolytique de de Vries.

plongé dans la solution acide ne soit pas resté identique à ce qu'il était alors que l'œuf baignait dans l'eau de mer, on peut supposer que nous avons fait descendre la différence de potentiel entre l'intérieur et l'extérieur jusqu'à une valeur incompatible avec l'équilibre normal des colloïdes de l'œuf. La répercussion de ce phénomène sur la tension superficielle, la viscosite intérieure, etc. se concevrait.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Mélange des tartrates et phosphates envisagés comme tampons. Action antagoniste du chlorure de calcium.* Note [1] de MM. **L.-J. Simon** et **L. Zivy.**

Nous avons montré antérieurement [2] l'influence de doses croissantes de chlorure de calcium sur la neutralisation de l'acide tartrique en présence d'hélianthine : la figure II en est l'expression graphique. Les sels de calcium des acides minéraux forts doivent se comporter comme le chlorure. La figure I représente l'action exercée par les sels de calcium de deux acides organiques forts : les acides trichloracétique et pyruvique. Pour ce dernier on observe encore une diminution notable de la zone neutre à l'hélianthine et à la phtaléine, mais l'action perd de sa netteté.

Le phénomène présenté par l'acide tartrique lui est très particulier. Avec les acides malique, succinique, malonique, citrique on n'observe rien de semblable. On retrouve quelque analogie avec les saccharate et oxalate monopotassiques, et encore cette analogie est-elle très atténuée surtout pour le premier. Pour l'acide oxalique, comme le montre la figure II, la neutralisation exige le même volume d'alcali en présence des deux indicateurs, autrement dit la zone neutre disparaît lorsque l'excès de chlorure de calcium est suffisant : voilà l'analogie. Mais pour des additions moindres, les courbes pour les acides oxalique et tartrique sont loin de se confondre, et en outre les virages à l'hélianthine pour l'acide oxalique, étalés et progressifs, sont d'autant plus difficiles à saisir que la quantité de chlorure est plus faible.

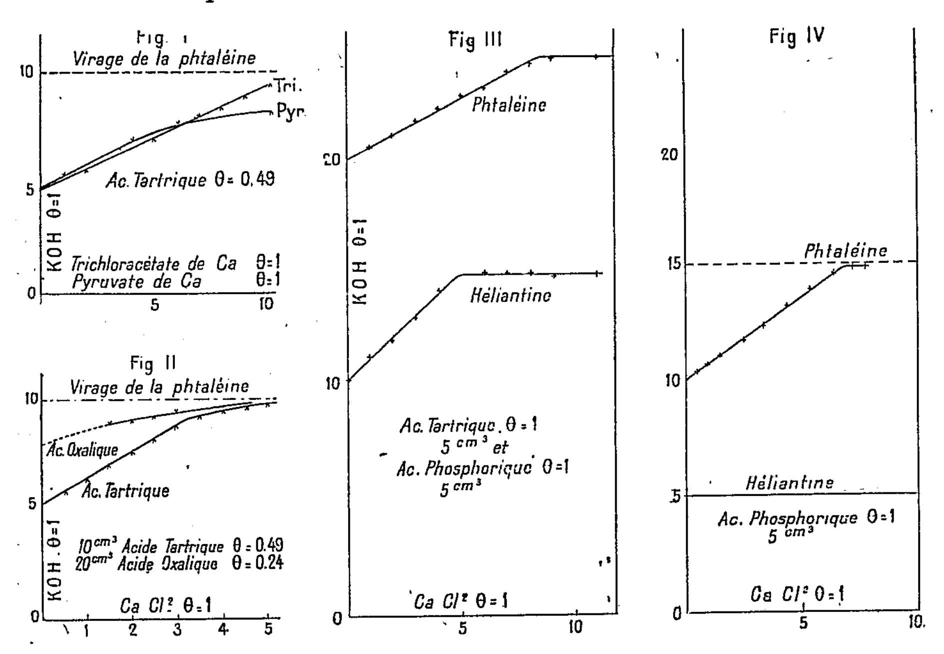
Un cas intéressant est celui de l'acide phosphorique, à cause du rôle fondamental qu'il joue dans la cellule vivante. On se trouve ici en présence d'un phénomène étudié par les chimistes et qui doit être signalé à l'attention des biologistes. Chacun sait comment se comporte l'acide phospho-

---

(1) Séance du 3 janvier 1923.

(2) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 620 et 887.

rique à la neutralisation soit en présence d'hélianthine, soit en présence de phtaléine : c'est cette allure qui fait du mélange des deux phosphates mono et bialcalin *le tampon de Fernbach*.



L'addition de chlorure de calcium ne modifie pas la neutralité à l'hélianthine : le mélange de phosphate monoalcalin et de chlorure de calcium est neutre à ce réactif. Il n'en est plus de même en ce qui concerne la phtaléine pour le mélange de phosphate dialcalin et de chlorure de calcium. Pour faire apparaître d'une manière stable dans un tel mélange la coloration rose de la phtaléine, il faut introduire 1^{mol} de potasse pour 1^{mol} de phosphate. Tout se passe *finalement* comme s'il se précipitait du phosphate tricalcique. La neutralisation de l'acide phosphorique dans ces conditions peut se formuler

$$2\,PO^4H^3 + 3\,CaCl^2 + 6\,KOH = (PO^4)^2Ca^3 + 6\,KCl + 6\,H^2O.$$

En réalité, la dynamique de cette réaction est plus compliquée; les réactions ne sont pas instantanées et le virage est difficile à saisir. Le dosage, pour comporter une certaine précision, doit être effectué dans des conditions déterminées par Imbert et Pagès [1].

Par des additions régulièrement croissantes de chlorure de calcium, on obtient les résultats inscrits dans la figure IV. La zone neutre des phos-

(¹) *Journ. de Pharm. et de Chim.*, t. 7, 1900, p. 378.

phates s'élargit jusqu'à se doubler sans que le seuil d'acidité à l'hélianthine soit modifié. Pour juger de l'intérêt de cette remarque il n'y a qu'à se reporter à la Note (¹) de Fernbach et Hubert, dans laquelle on voit précisément l'intervention du chlorure de calcium susciter la notion si féconde de l'effet de tampon.

Mélange des acides phosphorique et tartrique. — L'addition de chlorure de calcium exerce donc des effets inverses dans la neutralisation des deux acides : la zone neutre de l'un tend à disparaître et celle de l'autre à se doubler. Si l'on effectue la même série d'expériences sur leur mélange en proportions équimoléculaires, on constate l'additivité du phénomène : il s'établit une compensation qui maintient à la zone neutre une étendue invariable ou, pour dire vrai, à peu près invariable. *Pratiquement, la zone neutre et l'effet tampon corrélatifs sont invariables* (*fig.* III).

Les faits signalés dans cette Note et les précédentes (*loc. cit.*) mettent en évidence comment l'introduction de certains sels métalliques peut modifier le seuil d'acidité ou d'alcalinité et l'étendue de la zone neutre de certains mélanges tampons.

L'influence des sels de calcium est particulièrement curieuse en ceci qu'elle peut changer de sens suivant le mélange sur lequel porte son action.

Il se pose alors deux questions pouvant intéresser la biologie :

Faut-il attribuer à ces actions modificatrices une part de l'influence des métaux sur le régime d'action des diastases ?

Dans l'affirmative, faut-il distinguer radicalement ou au contraire confondre dans certains cas particuliers ce mode d'action des métaux et celui d'ordre catalytique que l'on caractérise par le nom de coferment que M. Gabriel Bertrand a introduit dans la Science ?

La réponse à ces questions ne peut être donnée que par les biologistes.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *L'étain dans l'organisme humain.* Note (²) de M. **Émile Misk**, transmise par M. d'Arsonval.

La présence de l'étain dans les conserves alimentaires a été souvent signalée. L. Barthe (³), Pouchet (⁴) l'ont isolé des asperges, champignons,

(¹) *Comptes rendus*, t. 131, 1898, p. 293.
(²) Séance du 26 décembre 1922.
(³) L. Barthe, *Toxicologie chimique*, 1918, p. 186.
(⁴) Pouchet, *Traité de Toxicologie*, 1903, p. 249.

purées de tomates, choucroute, viandes conservées dans des boîtes en fer-blanc.

Gasthauer (1) a trouvé de l'étain en très fortes quantités (2 pour 100) dans des fromages enveloppés de papier d'étain.

Wagner (2), Hall (3), Unger et Bodloender (4) ont établi que l'étain est attaqué par les sels neutres, les acides acétique, citrique, tartrique et pratiquement par tous liquides ou « sauces » des conserves.

Nous-même avons constaté la présence de l'étain non seulement dans les conserves en fer-blanc, mais même dans certains aliments frais.

Dans ces conditions, on devait s'attendre à trouver normalement en quelque sorte de l'étain dans l'organisme humain, et il était particulièrement intéressant de rechercher, au point de vue de l'expertise toxicologique, quelle serait la quantité d'étain normale.

L'étain n'est pas, à proprement dire, un métal toxique, bien que des auteurs [Patenko (5), Günther (6)] aient vu en lui la cause de certaines intoxications. Quoi qu'il en soit, l'expert doit être renseigné sur la présence habituelle de l'étain dans l'organisme comme il l'est sur celle du zinc, de l'arsenic, du mercure et de bien d'autres éléments chimiques.

Nous avons effectué quelques recherches concernant l'étain normal, à la suite de M. Kohn-Abrest sur l'arsenic, le mercure (7) et le zinc [sur ce dernier corps avec M. Gyaya (8)].

Nous avons constaté que pour la recherche et le dosage de l'étain, deux méthodes donnent des résultats satisfaisants.

1° *Méthode de Kohn-Abrest.* — A 100^g de matières broyées, on ajoute 1^g de magnésie calcinée et l'on délaye le tout dans 30^{cm^3} d'une liqueur aqueuse contenant 30 pour 100 de nitrate de magnésie [$Mg(AzO^3)^2, 6H^2O$]; on dessèche le mélange (en capsule de porcelaine) vers 250° et l'on chauffe à la mouffle, maintenue au rouge sombre, jusqu'à ce que l'on obtienne des

(1) GASTHAUER, *Contribution à l'étude toxicologique de l'étain* (*Thèse de Pharmacie*, 1910).

(2) WAGNER, *Bayerisches Industrie und Gewerbblatt*, 1876, p. 129.

(3) HALL, *American chemical Journal*, Bd 4, p. 440.

(4) UNGER et BODLOENDER, *Centralblat f. Allg. Gesundheistspflege*, Bd 1, p. 54.

(5) PATENKO, *Archives de Physiologie*, 1886, p. 33.

(6) GÜNTHER, *Zeitschrift für Nahrungsmittelunterschung und Hyg.*, 1889, p. 915.

(7) KOHN-ABREST, *S. M. légale*, 11 mars 1918, p. 67-78. — KOHN-ABREST, SICARD, PARAF, *Comptes rendus*, t. 171, 1920.

(8) GYAYA, *Zinc dans l'organisme humain* (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 906) et *Thèse Pharmacie*, 1920.

cendres blanches. Ces dernières sont rassemblées dans un creuset, additionnées d'une quantité suffisante de potasse caustique (2g à 3g) et le tout est porté au chalumeau jusqu'à fusion. La masse refroidie est reprise par l'eau bouillante qui dissout le stannate de potasse; on filtre, on évapore. Le résidu obtenu est traité par l'acide nitrique, évaporé à sec. On reprend à chaud par l'eau aiguisée avec de l'acide nitrique. L'étain insolubilisé sous forme d'*oxyde d'étain* est lavé, séché et pesé. On vérifie la nature de l'oxyde en le réduisant par digestion prolongée avec un peu de zinc et d'acide chlorhydrique étendu.

2° *Méthode de Bourcet-Misk.* — Nous avons appliqué à la destruction le procédé indiqué par Bourcet pour le dosage de l'iode organique.

100g de matières sont broyées et additionnées de 50cm³ d'une solution de potasse à 30 pour 100 et séchées à l'étuve. On broie, la poudre est incinérée à la mouffle et les cendres chauffées jusqu'à fusion. On poursuit sur le résidu (repris par l'eau bouillante) l'opération comme précédemment.

Les deux procédés nous ont donné des résultats identiques; mais le second est plus simple et plus rapide lorsqu'il s'agit uniquement d'une recherche de l'étain. C'est lui que nous avons définitivement employé.

Voici les résultats de nos recherches :

Organes.	Étain en grammes : Par kilogr. d'organes frais.	Par kilogr. d'organes secs.	En totalité des viscères.
Homme de 42 ans.			
Cerveau	0,00587	0,0199	0,00487
Reins	0,00330	0,0522	0,01620
Cœur	0,01570	0,0534	0,00640
Foie et rate	0,13760	0,4678	0,22000
Poumons	0,02590	0,6316	0,01890
Estomac, intestins et contenu	0,09060	0,3077	0,08600
		Total	0,35237
Premier fœtus.			
Cœur	trace		
Foie	0,1936	0,59985	0,01636
Rate	trace		
Deuxième fœtus.			
Cœur	trace		
Foie	0,0983	0,3346	0,00393
Rate	trace		

D'après ces résultats, il apparaîtrait que l'étain existe normalement dans l'organisme humain et que les proportions ne semblent pas augmenter avec l'âge.

On retrouve surtout l'étain dans le foie, puis par ordre décroissant dans l'estomac, les reins, les poumons et le cerveau.

Au point de vue de l'expertise toxicologique, il résulte de ces recherches qu'une présence de 3^{cg}-4^{cg} d'étain dans 100^{g} de viscères humains n'est pas excessive et qu'il n'y a pas lieu de les retenir dans les conclusions.

Au point de vue physiologique, il est intéressant de constater que l'organisme humain paraît contenir normalement tout au moins autant d'étain que de zinc.

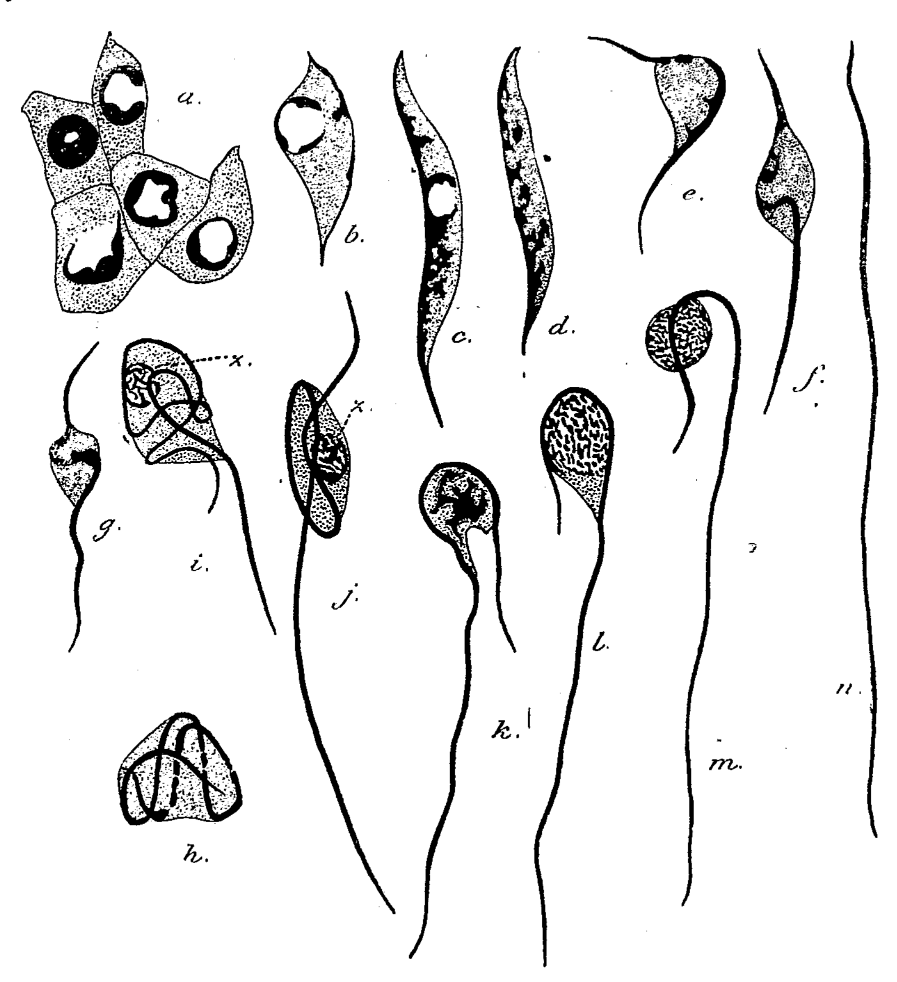
CYTOLOGIE. — *Sur la spermatogénèse du* Balanus perforatus. Note de M. **Boris Ephrussi**, présentée par M. F. Mesnil.

La spermatogénèse des Cirripèdes n'a fait jusqu'ici l'objet d'aucun travail détaillé ; nos connaissances sur ce sujet ne vont guère au delà de quelques observations relatives aux spermatozoïdes mûrs. Toutefois, à côté de spermatozoïdes d'une forme typique, avec tête et flagelle, tels que ceux décrits par Nussbaum chez le *Pollicipes polymerus* Sowerby, on a remarqué dans d'autres espèces des spermatozoïdes filiformes d'un aspect moins différencié et qui ont été considérés comme apyrènes. E. Ballowitz a appuyé cette interprétation sur le fait que, par macération dans une solution de NaCl, le filament spermatique peut être dissocié en deux fibres, dont la plus mince se résout elle-même en un faisceau de fibrilles. Il suppose que la chromatine, chimiquement transformée, se trouvait peut-être dans la plus grosse des fibres.

Ballowitz s'était bien rendu compte que l'étude de la spermiogénèse pouvait seule trancher la question. Mais les notions sur ce point restaient très fragmentaires. Dès 1841, Kölliker avait constaté chez le *Balanus stroehmii* et *B. sulcatus* Brug. la présence de spermatozoïdes filiformes à l'extrémité distale du canal déférent et, à l'extrémité proximale de ce conduit, de cellules à noyau normal, s'effilant ensuite aux deux extrémités de façon à donner les filaments adultes. Plus récemment, A. Gruvel, reprenant dans sa Monographie la spermatogénèse du *Balanus perforatus* Brug., confirme à peu près les observations de Kölliker, et conclut d'autre part à l'existence de deux sortes de spermatozoïdes, les uns normaux, les autres géants, tous deux pourvus d'une tête distincte.

Désireux d'élucider cette question, j'ai poursuivi, à la Station biologique

de Roscoff, l'étude de la spermatogénèse chez cette même espèce, *Balanus perforatus* Brug.



Le spermatozoïde mûr est filiforme et mesure 4^{μ} de longueur. Même aux plus forts grossissements, il ne révèle aucune différenciation de structure; c'est un filament homogène qui, coloré par les procédés les plus divers, a toujours donné les réactions microchimiques caractéristiques de la chromatine et l'étude de la spermatogénèse confirme cette interprétation; on peut cependant admettre que cette chromatine est limitée par une mince pellicule protoplasmique, que son extrême ténuité fait échapper à l'examen.

Les spermatogonies sont des cellules à protoplasma homogène et à noyau volumineux occupant presque toute la cellule; la chromatine est éparpillée en une poussière de grains. La petitesse des éléments ne m'a pas permis de suivre en détail le processus de la réduction chromatique : l'aspect des

mitoses semble les attacher au schéma hétéro-homéotypique de Grégoire.

Les jeunes spermatides se présentent avec un noyau très compact : on n'y distingue plus ni chromosomes ni grains chromatiques. Plus tard on voit apparaître au centre du noyau un espace clair, qui augmente de plus en plus; finalement toute la chromatine se concentre en un anneau, parfois irrégulier (*fig. a*); la membrane nucléaire n'est plus distincte. C'est à ce stade que la spermatide devient libre dans la cavité de l'ampoule séminifère et que la spermiogénèse commence. La spermatide prend une forme naviculaire (*b*) et s'allonge progressivement en un fuseau flexueux. En même temps l'anneau chromatique se désagrège en grains, qui s'éparpillent dans le cytoplasme (*c*, *d*), puis se condensent à nouveau par confluence en un filament superficiel (*d*, *e*). Le processus commence par les deux pôles aigus de la cellule; les deux extrémités du filament sont donc les premières formées. Puis, tandis que le filament s'allonge par évolution de sa partie moyenne, le cytoplasme se ramasse en une goutte globuleuse, à la surface de laquelle le filament chromatique décrit quelques sinuosités (*e*, *f*, *g*) en spires, de plus en plus compliquées, au fur et à mesure que s'allonge le filament lui-même (*h*, *i*, *j*).

A ce moment commence à apparaître dans la goutte cytoplasmique un corps mitochondrial, dont je n'ai pu déceler la genése à aucun stade antérieur. Il se manifeste sous forme d'un réseau de minces filaments groupés en un « Nebenkern » caractéristique (*z*, *fig. i*, *j*); très petit et faiblement colorable au début, il grandit peu à peu, en même temps que sa colorabilité s'accentue.

Le filament chromatique, alors achevé, commence à se dérouler en se détachant de la goutte cytoplasmique; ce déroulement commence par les deux bouts, mais progresse notablement plus vite à l'un d'eux; le reliquat cytoplasmique momentanément encore retenu, dans une anse subterminale du filament, peut en imposer pour une tête (*k*, *l*, *m*) et c'est sans doute ce stade qui a été interprété comme spermatozoïde géant. Enfin le résidu cytoplasmique, où les mitochondries ont dégénéré et disparu, achève de se séparer et libère le spermatozoïde filiforme mûr (*n*).

Il n'y a donc, chez le *Balanus perforatus*, qu'un seul mode de spermatogénèse; mais le spermatozoïde est atypique, exclusivement constitué par un filament chromatique, et ne représentant par conséquent qu'une tête, sans aucun des autres constituants ordinaires, dérivés de formations cytoplasmiques. Le rejet total de mitochondries en même temps que du reliquat cytoplasmique s'oppose, au moins dans ce cas, à la théorie qui voudrait attribuer aux mitochondries un rôle de support héréditaire. L'absence de

toute pièce intermédiaire soulève une intéressante question de l'origine possible du centrosome de segmentation dans l'œuf fécondé.

MICROBIOLOGIE. — *Sur les propriétés différentes des poussières microbiennes sèches ou liquides.* Note de M. A. **Trillat**, présentée par M. Roux.

Ce qui différencie tout d'abord les poussières microbiennes solides des poussières liquides est la forme sphéroïdale affectée par ces dernières : de là découlent pour elles un ensemble de propriétés physiques qui se traduisent dans la pratique par des résultats biologiques différents. Ces propriétés physiques sont en effet régies par la loi de Stoke qui s'applique aux corpuscules sphériques; j'ai déjà fait connaître dans une série de Notes antérieures l'influence exercée sur ces gouttelettes par les agents physiques tels que la pesanteur, la température, la pression, l'électricité et le degré hygrométrique [1]. Le résumé des expériences suivantes qui ont trait à la puissance de pénétration des poussières microbiennes solides ou liquides établissent d'une façon définitive leur différence au point de vue épidémiologique.

Essais in vitro. — Un tube de verre horizontal de 80^{cm} de longueur et de 15^{mm} de diamètre est relié par une de ses extrémités à une trompe d'aspiration; l'autre extrémité communique avec deux récipients de 20 litres disposés à la suite l'un de l'autre. Entre les récipients et le tube, on tasse un tampon de coton (3^{g}), sur une longueur de 10^{cm}. L'intérieur du tube est revêtu de gélose nutritive solidifiée : un manomètre à eau placé entre le tube et le deuxième récipient permet d'évaluer l'aspiration. Le nuage microbien est obtenu dans un local à part par la pulvérisation dans le premier récipient de 5^{cm^3} d'une émulsion aqueuse provenant de la dilution dans 10^{cm^3} d'eau stérile de 5^{cg} du râclage de la partie superficielle d'une culture de 24 heures de *Prodigiosus* sur gélose. Ce récipient, porté dans le local d'expérience, est mis en communication avec le tube horizontal par l'intermédiaire du deuxième récipient qui retient les plus grosses gouttelettes. Même dispositif pour l'étude des poussières microbiennes sèches (talc imbibé de *Prodigiosus*, *Subtilis*, *Aspergillus niger*, poussières d'appartements). Cet appareil m'a permis d'étudier l'entraînement des poussières microbiennes humides et sèches en fonction de l'épaisseur du tampon, de son degré de compression, de l'aspiration et du temps.

Résultats. — Les résultats sont très nets : les gouttelettes microbiennes de *Prodigiosus* pour une faible pression traversent en 2 et 5 minutes des tampons de 2^{g} et 4^{g} de 10^{cm} de longueur. Une aspiration plus énergique permet aux gouttelettes de traverser un tampon de coton de 10^{g} occupant 25^{cm} de longueur après 5 minutes. Dans le même laps de temps, on a observé pour

(1) *Comptes rendus*, années 1914, 1917, 1918, 1920, 1921.

ces expériences que les gouttelettes avaient des tendances à se localiser vers les parties les plus éloignées du tube. Les expériences comparatives faites dans les mêmes conditions sur les poussières microbiennes sèches ont donné des résultats complètement négatifs.

A l'air libre, les gouttelettes microbiennes peuvent traverser les mailles d'un tissu fin. C'est ainsi que des boîtes de Pétri, enveloppées par un double tissu de toile fine, sont largement ensemencées après quelques minutes quand on les expose, à divers endroits, dans un local de 800^{cm^3}, dans lequel on a pulvérisé 1^{cm^3} d'une émulsion microbienne obtenue comme il a été indiqué plus haut.

Essais sur les animaux. — J'ai été naturellement conduit par les résultats précédents à étudier comparativement la puissance de pénétration des poussières microbiennes sèches ou liquides dans l'organisme sous l'influence de l'aspiration.

Je me suis servi de l'appareil utilisé par Calmette dans ses-recherches sur la pénétration des poussières tuberculeuses dans les voies respiratoires, et qui consiste essentiellement en un récipient d'un litre de capacité, dans lequel rentre la tête du cobaye à travers une membrane de caoutchouc assurant l'étanchéité. Au moyen d'une trompe à eau, on fait arriver dans le récipient les poussières qui sont aspirées par l'animal.

Après chaque inhalation, le cobaye était immédiatement flambé, transporté dans un local éloigné, décapité et autopsié par un deuxième opérateur pour éviter toute chance de contamination. On pratiquait des prélèvements sur tout le parcours des voies respiratoires, tandis que les poumons, mis à part dans une boîte stérilisée, étaient encore transportés dans un autre local où l'on pouvait pratiquer des ensemencements en toute sécurité. Ces précautions sont nécessaires étant donnée la puissance de diffusion des gouttelettes microbiennes.

En opérant ainsi, j'ai trouvé que les gouttelettes microbiennes de *Prodigiosus* pénétraient instantanément en moins d'une minute dans les parties les plus profondes des deux poumons de l'animal. Pour des aspirations de 5 minutes, les colonies fournies par le lavage de fragments de poumon dans l'eau stérile ou par frottis sont en nombre infini.

Rien de semblable dans le cas des poussières microbiennes sèches (talc mélangé au *Prodigiosus*, *Subtilis*, *Aspergillus niger* : l'inhalation prolongée même pendant 15 minutes ne fournit aucun résultat positif.

Toutes ces expériences reproduites avec des variantes différentes ont toujours donné des résultats dans le même sens. Les poussières microbiennes, lorsqu'elles sont sèches, sont fixées par le mucus des cavités nasales et pharyngiennes; elles sont arrêtées en partie par l'épithélium à cils vibra-

tils qui tapissent les parois de la trachée. Grâce à leur sphéricité et à leur tension superficielle, les gouttelettes peuvent cheminer sur la muqueuse sans y être fixées.

Je rappellerai déjà avoir montré [1] que, dans certaines circonstances, les terrains de culture humides ne s'ensemençaient pas quand on les plongeait dans un nuage microbien. La rapidité de pénétration des gouttelettes dans les poumons explique aussi la facilité avec laquelle j'ai pu contagionner des lots de souris en les plongeant seulement quelques secondes dans un nuage de paratyphique. Il n'y a rien là qui doive nous surprendre quand on pense que 1^{mg} de culture à l'état frais, renfermant plusieurs millions de microbes, peut, par son fractionnement à l'état de nuage, fournir un nombre de gouttelettes suffisant pour tapisser la plus grande partie de la surface des alvéoles pulmonaires.

La connaissance des propriétés des poussières microbiennes sèches ou humides, outre qu'elle éclaire pour une partie le mécanisme de la transmission des épidémies par les microbes en suspension dans l'air, peut fournir des indications nouvelles sur les méthodes à employer pour désinfecter l'air des locaux.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Inoculation du virus herpétique aux organes génitaux du lapin. Transmission de l'infection herpéto encéphalitique par contact sexuel.* Note [2] de MM. C. **Levaditi** et S. **Nicolau**, présentée par M. E. Roux.

Le virus herpétique est inoculable au lapin à la cornée (Grüter), dans le cerveau (Doerr et Vöchting) et sur la peau (Levaditi, Harvier et Nicolau). Il provoque une maladie identique, au point de vue des symptômes, des lésions et de l'immunité, à l'encéphalite léthargique expérimentale. Peut-on inoculer le germe de l'herpès aux organes génitaux du lapin? La question mérite d'être étudiée, étant donné que l'herpès, est, avant tout, une *ectodermose neurotrope* (Levaditi), dont les manifestations intéressent, chez l'homme, non seulement le revêtement cutané et la cornée, mais fréquemment aussi les muqueuses génitales.

Nous avons essayé de préciser : 1° si le virus herpétique est inoculable au prépuce et à la muqueuse vaginale du lapin; 2° s'il se propage au névraxe; 3° si l'infection herpétique génitale est transmissible par contact sexuel et 4° si la maladie est suivie d'immunité locale et générale.

---

(1) *Activité de l'infection par voie aérienne* (*Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 109).

(2) Séance du 3 janvier 1923.

1° *Le virus herpétique est inoculable aux organes génitaux du lapin; il en est de même du germe encéphalique.*

Expérience I. — *Le lapin mâle* 32-J est inoculé au prépuce, par scarification, avec du virus herpétique de passage (cerveau). La lésion, qui débute le 3e jour, consiste en une inflammation suintante de la muqueuse, qui, par la suite, s'ulcère et se couvre d'un enduit blanc jaunâtre. L'animal meurt le 12e jour. Son cerveau contient le virus (inoculation positive au *lapin* 66-F). L'examen histologique de l'encéphale et de la moelle montre des lésions de méningite à mononucléaires et de poliomyélite aiguë, sans neuronophagie, mais avec dégénérescence des neurones.

Expérience II. — *La lapine* 4-P est inoculée de la même manière, avec le même virus. Les lésions vaginales débutent le 3e jour. L'animal est malade le 9e jour et meurt le 13e, alors que l'éruption herpétique du vagin est en voie de guérison. Son cerveau contient du virus (inoculation positive au *lapin* 2-V). La moelle épinière montre des altérations nettes de poliomyélite et des manchons périvasculaires.

Expérience III. — *La lapine* 45-P est inoculée au vagin avec du *virus encéphalitique de passage.* Les lésions locales débutent le 4e jour et guérissent le 19e jour. L'animal survit.

Nos expériences, au nombre de 7, ont toutes fourni le même résultat.

2° *L'infection herpétique génitale ne reste pas localisée; elle se généralise, se propage au névraxe le long des filets nerveux, et provoque souvent la mort de l'animal par encéphalo-myélite.* En effet, dans quatre essais sur six, les lapins sont morts d'encéphalite les 12e, 13e 14e et 19e jours. L'encéphale des animaux qui ont succombé du 12e au 14e jour contenait le germe virulent. Le cerveau du lapin mort le 19e jour en était dépourvu, quoiqu'il présentait des lésions intenses d'encéphalite chronique cicatricielle.

3° *L'herpès génital expérimental contient du virus herpétique inoculable à la cornée.*

Expérience. — *La lapine* 91-J est inoculée au vagin; les lésions débutent le 3e jour. Six jours après l'inoculation, on prélève une goutte de sécrétion vaginale, que l'on inocule, par scarification, à la cornée du *lapin* 31-T; l'animal fait de la kératite et meurt d'encéphalite le 9e jour. Un second prélèvement, fait 15 jours après, se montre avirulent. Il en résulte que *le germe vit au moins pendant* 6 jours *au niveau de l'herpès génital, pour disparaître ultérieurement* (15e jour).

4° *Contamination par voie de copulation.* — Dans *cinq expériences*, des animaux, porteurs de lésions génitales en évolution, ont été accouplés avec des lapins neufs et maintenus en présence pendant plusieurs jours. Une seule fois l'infection a été transmise par copulation.

Expérience. — *Le lapin neuf* 64-P est accouplé avec la *femelle* 4-P atteinte d'herpès vaginal en évolution. Le 5e jour, on constate sur le gland du *lapin* 64-P, une vésicule d'herpès, bientôt suivie d'une seconde vésicule située à l'entrée du méat. Le *lapin* 64-P meurt d'encéphalite herpétique le 23e jour; son encéphale contient du virus et montre des lésions intenses.

Il résulte de cette expérience que l'*herpès génital du lapin est transmissible par contact sexuel. L'infection se propage au névraxe et provoque la mort par encéphalite. La transmission de la maladie par copulation est cependant exceptionnelle*, puisque quatre autres essais sont restés négatifs, malgré l'accouplement prouvé par la fécondation.

5° *Les animaux qui guérissent d'herpès génital deviennent réfractaires à l'inoculation du virus dans le cerveau et aux organes génitaux* (immunité générale absolue ou partielle).

Ces données sont conformes à ce que l'on observe en pathologie humaine. Chez l'homme, l'herpès génital s'accompagne souvent de troubles généraux, qui traduisent un retentissement de la maladie sur le système nerveux central (réactions cytologiques et infectiosité du liquide céphalo-rachidien, Ravaut et Darré; Ravaut et Rabeau). D'autre part, les faits cliniques ne semblent pas prouver la transmission *fréquente* de l'herpès génital par contact sexuel; ce mode de propagation paraît exceptionnel, tout comme chez nos animaux d'expérience.

C'est la première fois que nous établissons expérimentalement la transmission, par simple contact sexuel, d'une infection fréquemment mortelle. Cette constatation offre un intérêt tout particulier, étant donné la parenté étroite entre le virus herpétique et le germe de l'encéphalite léthargique. On peut se demander, en effet, si, en plus des autres modes de contagion (voie naso-pharyngée, porteurs sains de germes), il n'y aurait pas lieu d'envisager la contamination par contact sexuel, comme jouant un rôle effectif dans l'extension épidémique de la maladie de v. Economo.

Quoi qu'il en soit, un rapprochement s'impose entre la syphilis [1] d'une part, l'herpès génital encéphalitogène d'autre part. Dans un cas comme dans l'autre, une infection, primitivement localisée à la zone génitale, se propage au névraxe, pour y déterminer, avec le tréponème, le tabès et la paralysie générale, avec le germe herpéto-encéphalitique, l'encéphalite.

A 16 heures, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h30m.

A. Lx.

---

(1) Nous avons inoculé le virus herpétique sur des lésions syphilitiques génitales du lapin (*virus neurotrope*). Le résultat fut positif : l'herpès se greffe sur la lésion tréponémique et ne produit qu'une disparition temporaire des spirochètes.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 15 JANVIER 1923.

PRÉSIDENCE DE M. ALBIN HALLER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès de M. **van de Sande Bakhuyzen**, Correspondant pour la Section d'Astronomie.

HISTOCHIMIE. — *Évolution des grains de fécule dans le tubercule de la pomme de terre.* Note de MM. **L. Lindet** et **P. Nottin**.

Les beaux travaux de M. Dangeard [1] nous permettent de comprendre comment, au sein du cytoplasme, de petits corpuscules, les amyloplastes, arrêtent, pour ainsi dire au passage, les liquides amylogènes qui doivent s'y transformer en grains de fécule. Le but est atteint au point de vue botanique; mais n'y a-t-il pas intérêt à suivre au delà l'évolution histochimique de la pomme de terre, à différentes périodes de sa vie, non seulement par la pesée des tubercules et le dosage de la fécule dans chacun d'eux, mais aussi par les dimensions si variées de ces grains de fécule qui ne sont pas répartis au hasard et qui doivent constituer un précieux élément d'appréciation.

Nous admettrons d'abord que cette substance amylogène représente un mélange de sucres, saccharose, sucre inverti, peut-être maltose. Il eût été plus naturel de supposer l'existence d'amidon soluble, susceptible de traverser les parois des cellules; mais malgré tous nos efforts, nous n'avons pu le rencontrer en précipitant, comme l'a indiqué M. Courtonne [2], du jus

---

[1] Dangeard, *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 709; t. 172, 1921, p. 254; t. 174, 1922, p. 1653.

[2] Courtonne, *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 1168.

de pomme de terre, en germination ou non, du jus de germes, etc., par du sulfate anhydre de sodium ou de magnésium. Les sucres vont donc traverser les cellules de proche en proche, déposant de la fécule sur les plastes ou alimentant les grains déjà formés, en même temps que l'on voit les grains de fécule (les plus gros comme nous le montrerons plus loin) se dissoudre, fondre ou bien se ronger sous l'influence des enzymes, pour redevenir sucres, et, par une action réversive, aller plus loin créer de petits grains de fécule.

La proportion de ces sucres n'est jamais bien grande; elle ne dépasse guère 1,50 pour 100 du jus et ne descend pas au-dessous de 0,50 pour 100. C'est à ce point que, souvent, nous avons préféré doser à la fois la fécule et les sucres (exprimés en fécule); car ce qui est aujourd'hui sucres sera fécule demain et redeviendra sucres après-demain. D'ailleurs, la somme des deux dosages donne des résultats plus concordants que le dosage seul de la fécule.

Nous n'insisterons pas sur les procédés analytiques que nous avons suivis pour doser les sucres et la fécule; à quelques variantes près, ils sont classiques; d'ailleurs, notre préoccupation s'est plutôt portée sur les grains de fécule.

L'expérience nous a montré que quand, sur le champ du microscope, muni d'un micromètre oculaire, on a mesuré le diamètre de 150 à 200 grains de fécule, on peut estimer qu'on a obtenu la représentation exacte d'un échantillon moyen. Celui-ci peut être détaché par grattage au scalpel sur une tranche de pomme de terre, ou bien prélevé sur un dépôt de fécule important provenant d'un tamisage de tubercules râpés (la fécule qui reste dans la pulpe est de même grosseur que celle qui échappe des cellules ouvertes par la râpe). Dans ce cas, le prélèvement doit être fait après une forte agitation. Nous avons même, par excès de précaution, entrepris la lévigation du dépôt brut de fécule, afin de prélever l'échantillon sur un lot plus homogène; cette lévigation était assurée par des entonnoirs à la partie inférieure desquels arrivait un courant d'eau qui soulevait les grains les plus petits et les obligeait à se déverser continuellement par-dessus bord.

Nous inspirant de ce que le féculier établit son rendement en poids, nous nous sommes proposé de fixer pour chaque grosseur de grains le poids d'un million de ces grains en milligrammes, et d'en faire l'unité de notre numération.

Pour estimer le volume des grains, il convenait de connaître la hauteur de la double lentille dont la fécule affecte la forme, quelle que soit sa dimen-

sion diamétrale. Cette hauteur a été examinée sur des grains emprisonnés dans de la gélatine et vus de champ, et a été comptée, pour tous grains, comme les $\frac{3}{5}$ du rayon.

Pour passer du volume au poids, il nous fallait connaître la densité par rapport à l'eau. Elle a été prise au flacon, sur fécule anhydre, et en présence de pétrole, avec différents lots obtenus par lévigation, aussi purs que possible, constitués principalement de grains de 22^{μ} à 32^{μ}, de 56^{μ} à 64^{μ}, de 64^{μ} à 72^{μ}, et nous avons obtenu le même chiffre, à quelques millièmes près, de 1,54. M. L. Lumière qui a réalisé, pour préparer les plaques photographiques en couleurs, des classements par lévigation à l'entonnoir, a bien voulu nous remettre plusieurs échantillons de fécule très fine et très régulière; l'échantillon de 8^{μ} nous a donné 1,51.

Dans ces conditions, et adoptant les deux constantes $H = \frac{3}{5} R$ et $D = 1,54$, nous avons calculé une formule qui, après simplification, s'est réduite à $P = 3,26\,R^3$ comme indiquant le poids en milligrammes de chacun des grains de fécule en fonction du rayon de ce grain. C'est ce chiffre que nous avons multiplié par un million.

Nous n'avons pas besoin de faire remarquer qu'étant donné l'écart qui existe entre le diamètre des grains de fécule, de 0^{μ} à 100^{μ} et au delà, leur poids va naturellement varier dans des proportions considérables, à ce point que le million de grains de 2^{μ} pèse $\frac{4}{1000}$ de milligramme, et que le million de grains de 100^{μ} pèse 450^{mg}. Le procédé est donc fort sensible.

On est frappé de voir combien, dans le mélange de fécule de toutes tailles, les plus petits dominent sur les plus gros; mais leur poids est insignifiant par rapport à celui des gros; dans une de nos expériences de lévigation, nous constatons que les grains de 0^{μ} à 10^{μ} représentent, en nombre 50,2 pour 100 du total, mais, en poids, 1,53 seulement; par opposition, les grains de 60^{μ} à 80^{μ} ne figurent en nombre que pour 0,60 pour 100, alors qu'ils pèsent 19,2 pour 100 du poids total.

En nous basant sur un tel procédé d'estimation, nous avons obtenu un grand nombre de résultats qui seront publiés dans les *Annales de l'Institut national agronomique* et dont nous tirons les conclusions suivantes :

1° La grosseur des grains paraît sensiblement égale sur toutes les tranches faites perpendiculairement à l'axe de végétation d'une pomme de terre fraîchement arrachée; mais dès que le travail de la germination commence, même quand aucun bourgeon n'est visible, cette régularité n'est plus la même; on constate que du côté de l'ombilic les grains sont plus petits que

vers le milieu du tubercule, puis redeviennent petits au fur et à mesure qu'ils approchent du méristème. Quand le tubercule développe ses germes, cette dernière localisation des petits grains devient plus accentuée pour ne plus représenter, à l'extrémité bourgeonnante, comme poids du million de grains, que 1^{mg} contre 12^{mg} à 20^{mg} au milieu et 7^{mg} à 8^{mg} près de l'ombilic.

2° Les germes élaborés par ces tissus extrêmes, si riches en petits grains, en sont la continuation et présentent des grains d'autant plus petits qu'ils sont plus éloignés de leurs bases.

3° La suractivité du méristème se traduit également par une plus grande consommation des sucres; du premier au dernier tiers du tubercule, les sucres ont disparu dans une proportion qui a atteint jusqu'à 70 pour 100.

4° Les grains de la zone corticale sont, dans un tubercule, quelque temps après son arrachage, plus petits que ceux qui se trouvent de l'autre côté par rapport au faisceau libéroligneux; les cellules y sont plus petites. Néanmoins, parce qu'elles sont alimentées de même, elles présentent, dans toutes leurs parties, la même teneur en fécule. Mais, par contre, la partie centrale de la zone médullaire reste plus pauvre en fécule que les régions placées des deux côtés du faisceau libéroligneux (13,5 pour 100 de fécule au lieu de 21,9), ainsi que l'avaient remarqué MM. Coudon et Bussard [1]; la dimension de ses grains est également beaucoup plus petite (poids du million de grains $= 7^{mg},7$ au lieu de $15^{mg},3$), comme si les grains de fécule de cette région, plus éloignés des vaisseaux distributeurs, s'alimentaient plus difficilement.

5° Deux zones d'un même tubercule ou deux tubercules du même poquet peuvent contenir des quantités semblables de fécule, distribuée sur un nombre de grains très différent.

6° Quand une pomme de terre isolée développe ses germes en prenant sur elle-même la matière nécessaire à les élaborer et en même temps à assurer sa respiration, elle perd une quantité de fécule que l'analyse, effectuée sur une pomme de terre semblable avant germination, permet d'estimer. La numération des grains de fécule, catalogués en grains de diverses grosseurs, avant et après germination, amène à constater que la perte n'est pas également répartie, que ce sont les plus gros grains qui ont le plus vite disparu, et qu'au contraire les grains de dimension plus faible ont d'autant plus augmenté en nombre qu'ils sont plus petits. On doit donc considérer qu'au fur et à mesure de la disparition des gros, ceux-ci ont cédé

(1) *Ann. Sc. agron.*, t. 1, 1897, p. 250.

leur matière amylogène à de jeunes grains qui ont pris naissance surtout du côté opposé à l'ombilic.

L'expérience a été faite sur un lot de pommes de terre « Mondiale », analysée en décembre 1921, puis, analysée de nouveau, après germination dans une salle obscure du laboratoire, en mars 1922, et qui avait perdu $\frac{1}{3}$ de sa fécule. Les résultats simplifiés sont consignés ci-dessous :

De décembre 1921 à mars 1922.

Les grains mesurant en μ de :	Ont augmenté pour 100 de leur nombre primitif de :	Les grains mesurant en μ de :	Ont diminué pour 100 de leur nombre primitif de :
0 à 4	79,6	15 à 18	52,7
5 à 6	118,2	19 à 22	69,1
6 à 8	234,1	23 à 28	93,2
9 à 10	37,4	29 à 32	23,1
11 à 12	75,5	33 à 40	33,2
13 à 14	19,4	41 à 66	41,3

Ce phénomène se poursuit régulièrement tant que le tubercule n'est pas épuisé; une mère a été retirée du sol au moment où elle ne contenait plus que 3 pour 100 de fécule; son million de grains ne pesait plus que $3^{mg},7$, alors que celui d'un tubercule semblable, avant plantation, pesait $13^{mg},2$.

7° Les nombreuses analyses que nous avons effectuées, tant sur les tubercules d'un même poquet que sur plusieurs poquets de même espèce à plusieurs jours d'intervalle, tant sur les tout petits tubercules que sur les très gros, montrent que leur teneur en fécule croît très rapidement depuis le stolon, qui en renferme 4,4 pour 100, jusqu'aux tubercules de 1^g à 3^g où la teneur en fécule est pour ainsi dire stationnaire. Il en résulte que si l'on trace un graphique exprimant la quantité de sucres et fécule contenue dans les divers tubercules d'un même poquet, en fonction du poids de ces tubercules, on obtient, sauf pour les tout petits, une ligne droite; le tubercule ne pousse pas et ne se gonfle pas de fécule par à-coup.

Les droites ainsi établies à la suite de plusieurs arrachages successifs, pour une même espèce, se superposent ou se continuent.

Elles sont d'autant plus inclinées sur l'horizontale que l'espèce est plus riche en fécule.

Quant au poids du million de grains, il augmente au fur et à mesure que le tubercule grossit; débutant avec le stolon, à $0^{mg},2$, il atteint 10^{mg} à 20^{mg} avec les pommes de terre moyennes; souvent les très grosses ne renferment pas les plus gros grains.

Nous donnons ci-dessous la caractéristique d'un certain nombre de sujets appartenant à une espèce demi-hâtive.

Poids du tubercule.	Quantité de fécule + sucres (en fécule) pour 100 du tubercule.	Quantité de fécule + sucres (en fécule) dans un tubercule.	Poids d'un million de grains.
	Stolon.		
»	4,4	»	0,2
Belles-de-juillet demi-hâtives (Clichy-sous-Bois, Seine-et-Oise).			
0,035	5,5	0,002	0,3
0,460	8,5	0,039	2,4
0,960	9,9	0,095	2,7
2,750	10,4	0,28	8,3
11,6	11,1	1,29	8,0
15,5	13,3	2,06	11,2
24,0	13,3	3,19	8,5
36,7	13,8	5,07	8,0
51,2	13,5	6,92	13,8
70,0	13,4	9,38	16,6
84,0	13,9	23,2	16,0

8° Les pommes de terre, formées en terre autour de la mère, peuvent elles-mêmes donner, surtout par les temps humides, des tubercules de deuxième végétation, dépendant d'un stolon par l'intermédiaire duquel elles se nourrissent au détriment des tubercules de première végétation. Le phénomène reste le même; les grains de fécule présentent des dimensions d'autant plus petites que le nouveau tubercule est de formation plus récente; il grossit, prend le même poids que celui qui l'a nourri; il arrive même à contenir plus de fécule que lui (17,4 pour 100 au lieu de 14,9 pour 100), mais ses grains de fécule pèsent moins que les siens (1 million pèse $5^{mg},3$ au lieu de $8^{mg},8$).

9° Le phénomène de deuxième végétation se traduit aussi quelquefois par la poussée d'une verrue, qui est une tige rudimentaire à l'état latent. Là encore, la grosseur des grains concorde avec le poids de la verrue.

Puis, quelquefois, cette verrue s'allonge et forme un autre tubercule, séparé du premier par un étranglement. La constitution des différentes régions est la même, les faisceaux libéroligneux se resserrant sans interruption à l'endroit de l'étranglement.

Mais précisément parce que la circulation y est plus active et les cellules

plus petites, le million de grains prélevé à l'étranglement est plus faible qu'à équidistance dans le tubercule de première et dans celui de deuxième végétation (en moyenne $4^{mg},3$ à l'étranglement contre $6^{mg},9$ et $9^{mg},0$). Là encore, les petits grains mesurent l'activité du tissu.

GÉOLOGIE. — *Sur les Ammonites recueillies par le* « Pourquoi-Pas? ». Note (¹) de MM. **W. Kilian** et **F. Blanchet.**

Parmi les échantillons variés de roches et de fossiles que la croisière du « *Pourquoi-Pas?* », dirigée par M. J. Charcot en 1922, a permis de recueillir au fond de la Manche, grâce à des dragues pourvues de dispositifs nouveaux, se trouvaient une série d'Ammonites, soigneusement repérées par M. Louis Dangeard et recueillies au nord et au nord-ouest de Cherbourg. L'étude de ces fossiles, faites avec le concours de M. F. Blanchet, a fourni quelques résultats intéressants, qui peuvent être résumés comme suit :

I. Des fragments de roches fossilifères prélevés à 25 milles environ au sud d'Eddystone (Angleterre), à 80^m de profondeur, nous ont permis de reconnaître (*station* 235) dans un calcaire gris bleu assez dur, les espèces suivantes :

Ægoceras aff. *gagateum*, Young et Bird sp.
Ægoceras biferum Quenst. sp.
Oxynoticeras oxynotum, Qu. sp.
Oxynoticeras aff. *lynx*, d'Orb. sp.
Echioceras raricostatum Qu. sp. (jeunes échantillons).
Cœloceras pettos Qu. sp. (= *Grenouillouxi* d'Orb. sp.).

II. Au nord de Cherbourg (*station* 248), à 60^m de profondeur, le « *Pourquoi-Pas?* » a recueilli, en individus isolés de leur gangue :

a. Amaltheus margaritatus Montf. sp. Grand fragment du tour externe d'un exemplaire de grande taille présentant une ligne cloisonnaire typique et identique à celle figurée par Quenstedt pour l'*Am. amaltheus gigas* de cet auteur (*Am. des Schw. Jura*, pl. 41, fig. 1);

b. Hildoceras Levisoni Simpson sp. (plusieurs petits échantillons roulés dont un pourvu de sa ligne suturale caractéristique).

Hildoceras sp.

III. Enfin la *station* 230, à 30 milles environ au sud d'Eddystone et

(¹) Séance du 8 janvier 1923.

à 80^m de profondeur, a fourni une série de très petites Ammonites contenues dans un calcaire marneux grisâtre, très tendre; nous y avons reconnu les tours internes de *Psiloceras planorbis* Sow. sp. (=*psilonotum* Quenst. sp.).

Il résulte donc de l'examen des Ammonites draguées par le « *Pourquoi-Pas?* » que l'on peut affirmer l'existence dans le fond de la Manche, au large de Cherbourg et au sud d'Eddystone, de quatre horizons du Lias :

1° HETTANGIEN INFÉRIEUR. — Zone à *Psiloceras planorbis*, représentée par des marnes argileuses grises et tendres (à 30 milles au sud d'Eddystone);

2° LOTHARINGIEN. — Zone à *Oxynoticeras oxynotum*, sous forme de calcaires plus durs, d'un gris bleuté, contenant de petites Ammonites spathisées: *Ægoceras gagateum* Young et Bird sp., *Oxynoticeras oxynotum* Qu. sp., *Oxynoticeras* cf. *lynx* d'Orb. sp., *Ægoceras biferum* Quenst. sp., *Cœloceras pettos* Quenst. sp. (= *Grenouillouxi* d'Orb. sp.), à 25 milles au sud d'Eddystone.

3° DOMÉRIEN. — La zone à *Amaltheus margaritatus*, caractérisée par un seul grand échantillon d'*Amaltheus margaritatus* Montf. sp.

4° Le TOARCIEN INFÉRIEUR, décelée par un échantillon *roulé* mais très typique de *Hildoceras Levisoni* Simpson sp. et par quelques petites formes indéterminables.

On peut conclure de ces résultats que les terrains anciens et granitiques de la presqu'île du Cotentin s'enfoncent au nord et à l'ouest-nord-ouest de Cherbourg sous des terrains secondaires (Infralias et Lias), dont la présence au sud des terrains anciens d'Eddystone ne peut s'expliquer — si les échantillons ci-dessus étudiés n'ont subi aucun transport — que par effondrement ou par une disposition synclinale, accident plus ou moins localisé à l'emplacement de la Manche occidentale actuelle.

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL** présente à l'Académie le Tome III (*Mémoires sur la théorie des équations différentielles*, 1re Partie) des Œuvres de **SOPHUS LIE**, publiées par F. ENGEL.

Mme Veuve **CORNU** adresse à l'Académie un exemplaire en bronze de la médaille frappée à l'effigie d'**ALFRED CORNU** et une Notice intitulée : ALFRED CORNU, *membre de l'Institut et du Bureau des longitudes, ingénieur en chef des mines* (1841-1902).

ÉLECTIONS.

Par 40 suffrages contre 2 à M. *Philippe Glangeaud*, 2 à M. *F. de Montessus de Ballore*, 1 à M. *Charles Jacob* et 1 bulletin blanc, M. **Emmanuel de Margerie** est élu Correspondant pour la Section de Minéralogie, en remplacement de M. *OEhlert* décédé.

CORRESPONDANCE.

Le **Directeur de l'Institut supérieur de vaccine** adresse des cartes d'invitation pour la commémoration du centième anniversaire de la mort de *Jenner*, qui aura lieu à l'Académie de médecine le 23 janvier 1923.

M. **Léon Guillet** adresse un Rapport sur l'emploi qu'il a fait de la subvention qui lui a été accordée sur la *Fondation Loutreuil* en 1921.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Les progrès récents de l'Astronomie*, par Paul Stroobant. Volume IX. Années 1918-1920. Première Partie : *Le système solaire*. (Présenté par M. H. Deslandres.)

2° Auguste Lumière. *Théorie colloïdale de la biologie et de la pathologie*. (Présenté par M. E. Roux.)

3° A. Boutaric. *La vie des atomes*. (Présenté par M. D. Berthelot.)

4° *Encyclopédie française d'Urologie*, publiée sous la direction de MM. A. Pousson et E. Desnos : tomes I à VI. (Présenté par M. L. Bazy.)

5° É. Hegh. *Les Moustiques. Mœurs et moyens de destruction*. (Présenté par M. Mesnil.)

6° E. E. Austen et Émile Hegh. *Tsetse-flies. Their characteristics, distribution and bionomics with some account of possible methods for their control*. (Présentés par M. F. Mesnil.)

7° *Les marées et leur utilisation industrielle*, par E. Fichot. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

8° *Océanographie* (en russe), par J. DE SCHOKALSKY. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

9° *Atomes et électrons*. Rapports et discussions du Conseil de Physique tenu à Bruxelles du 1er au 6 avril 1921, sous les auspices de l'INSTITUT INTERNATIONAL DE PHYSIQUE SOLVAY. (Présenté par M. Brillouin.)

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les fonctions entières qui ont tous leurs zéros sur une droite.* Note de M. **MARTIN ÅLANDER**, présentée par M. Émile Borel.

1. Nous nous référerons dans cette Note aux travaux suivants :

I. É. BOREL, *Leçons sur les fonctions entières*, Paris, 1900.

II. G. PÓLYA, *Sur une question concernant les fonctions entières* (*Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 330).

III. M. ÅLANDER, *Sur le déplacement des zéros des fonctions entières par leur dérivation*, Thèse, Upsala, 1914.

IV. G. PÓLYA, *Bemerkung zur theorie der ganzen Funktionen* (*Jahresbericht der deutschem Mathematiker-Vereinigung*, t. 24, 1915).

V. M. ÅLANDER, *Sur les zéros des dérivées des fonctions rationnelles et d'autres fonctions méromorphes* (*Arkiv för matematik, astr. o. fysik*, t. 14, 1920).

VI. *Sur les zéros complexes des dérivées des fonctions entières réelles* (*Ibid.*, t. 16, 1921).

VII. G. PÓLYA, *Über die Nullstellen sukzessiver Derivierten* (*Mathematische Zeitschrift*, t. 12, 1922).

2. Quand les zéros d'une fonction F(z) sont situés sur une droite, on peut prendre cette droite pour axe réel. Dans la fonction entière de genre fini p,

$$(1)\qquad F(z) = e^{c_0\frac{z^p}{p} + c_1\frac{z^{p-1}}{p-1} + \ldots + c_p} z^q \prod_{n=0}^{k}\left(1 - \frac{z}{a_n}\right) e^{\frac{z}{a_n} + \frac{z^2}{2a_n^2} + \ldots + \frac{z^p}{p a_n^p}},$$

où k est un entier fini ou infini, *nous supposons donc tous les zéros a_n réels*. Si les coefficients $c_0, c_1, \ldots, c_p$ sont également réels, la fonction est dite réelle. Nous avons montré (VI) que les fonctions

$$(2)\qquad F(z) = e^{-kz^2}\varphi(z) \qquad (k \geqq 0),$$

$\varphi(z)$ étant une fonction entière réelle de genre *un* au plus, sont les seules fonctions entières *réelles* de genre fini qui admettent, de même que toutes

leurs dérivées, exclusivement des zéros réels. Si l'on ne fait pas l'hypothèse de la réalité de la fonction, c'est-à-dire des coefficients $c_0, c_1, \ldots, c_p$, on peut demander *les autres fonctions entières de genre fini dont les dérivées successives sont dépourvues de zéros complexes*. Cette question a été posée par M. Pólya (II, IV). Nous nous proposons de la résoudre.

3. Quand la fonction (1) n'est pas réelle, M. Borel (I, p. 31) a remarqué que la dérivée a, en général, tous ses zéros complexes. Posons

$$F(z) = Re^{i\Phi}, \qquad z = x + iy, \qquad c_\nu = \alpha_\nu + i\beta_\nu.$$

Nous aurons (III, VI)

$$\frac{F'(z)}{F(z)} = \frac{1}{R}\frac{\partial R}{\partial x} - i\frac{1}{R}\frac{\partial R}{\partial y}; \tag{3}$$

$$\frac{1}{R}\frac{\partial R}{\partial y} = -\beta_0 x^{p-1} - \beta_1 x^{p-2} - \ldots + yf(x, y). \tag{4}$$

Ici la fonction $f(x, y)$ prend des valeurs finies dans tout point fini qui ne se confond pas avec un zéro de $F(z)$. Donc le produit $ygf(x, y)$ est nul sur l'axe réel ($y = 0$). Un au moins des coefficients β_ν étant par hypothèse différent de zéro, on a $\frac{\partial R}{\partial y} \neq 0$ pour $y = 0$ pourvu que $|x|$ soit suffisamment grand. Par suite, *la dérivée* $F'(z)$ *a seulement un nombre fini de zéros réels* (*au plus* $p - 1$) *différents des zéros multiples de* $F(z)$. Il en résulte que le rapport $F'(z) : F(z)$ ne peut avoir qu'un nombre fini de pôles réels.

1° Quand ce rapport a une infinité de pôles, la dérivée $F'(z)$ a une infinité de zéros complexes;

2° Quand ce rapport a un nombre fini de pôles et la dérivée $F'(z)$ une infinité de zéros réels, la fonction $F(z)$ a une infinité de zéros multiples et l'on a

$$\frac{F'(z)}{F(z)} = \frac{P(z)}{f(z)}, \qquad P(z) = \text{polynome}, \qquad f(z) = \text{fonction entière}. \tag{5}$$

Une telle fonction est

$$F(z) = a(e^{ibz} - e^{ic})^n, \tag{6}$$

b et c réels, n entier.

4. Nous avons montré que, k étant une constante convenable, l'inégalité $|F'(z) : F(z)| < |z|^k$ est valable presque dans tout le plan (V, p. 29). On en conclut que $f(z)$ ne peut pas être de genre > 1. *En effet, toute fonction entière de genre fini* > 1 *ayant tous ses zéros réels* (*ou sur une droite quelconque*) *tend vers zéro dans certaines directions comme l'inverse du module*

maximum d'une fonction entière. On le vérifie immédiatement pour les fonctions dont la croissance est déterminée par le facteur exponentiel et par l'étude d'une intégrale dans les autres cas (III, p. 41, et VI, p. 4), avec une légère modification, si p est impair. A l'endroit cité, le premier terme sous le signe intégral est, pour c_0 réel, $c_0 r^{p-1} \cos p\varphi$. Si $c_0 = \alpha_0 + i\beta_0$, ce terme devient $\alpha_0 r^{p-1} \cos p\varphi - \beta_0 r^{p-1} \sin p\varphi$ et ne disparaît pas pour $\cos p\varphi = 0$, c'est-à-dire sur les vecteurs (17) (VI, p. 5). Suivant les cas, on doit donc considérer les vecteurs (17) ou les vecteurs opposés $\varphi + \pi$ (ou symétriques $-\varphi$), ce qui donne à $\sin p\varphi$ le signe convenable. Cela posé, on a

$$(7) \quad \frac{F'(z)}{F(z)} = \frac{P(z)}{e^{i\alpha z + i\beta} f_0(z)} = i\,Q(z) + \frac{F_0'(z)}{F_0(z)}, \quad Q(z) = \beta_0 z^{p-1} + \beta_1 z^{p-2} + \ldots + \beta_{p-1},$$

α et β étant réels et $F_0(z)$ une fonction réelle n'admettant par hypothèse que des zéros réels et simples. Comme toute fonction $F_0(z)$ tend vers l'infini dans les deux directions de l'axe imaginaire, $F'(z) : F(z)$ *tend vers zéro dans l'une d'elles.*

5. Quand les zéros de $F(z)$ et de $F'(z)$ sont réels, les fonctions $P(z)$, $Q(z)$ et $F_0(z)$ de la formule (7) sont aussi réelles. En égalant les coefficients de i dans les deux derniers membres de cette formule, on déduit

$$(8) \quad \frac{F'(z)}{F(z)} = \frac{P(z)}{e^{i\alpha z + i\beta} \sin(\alpha z + \beta)}; \quad \frac{F''(z)}{F'(z)} = \frac{(P - \alpha)\cos(\alpha z + \beta)}{\sin(\alpha z + \beta)} - i(P + \alpha) + \frac{P'}{P}.$$

D'abord α ne peut être nul, car alors on aurait $e^{i\beta}$ réel pour avoir les résidus de $F'(z) : F(z)$ réels. On a donc

$$(9) \qquad \lim_{y=\infty} \frac{F''(z)}{F'(z)} = -2iP, \qquad \lim_{y=-\infty} \frac{F''(z)}{F'(z)} = -2i\alpha$$

ou vice versa, suivant que $\alpha > 0$ ou $\alpha < 0$. On voit donc que $F''(z) : F'(z)$ ne peut être de la forme (5), d'après le numéro précédent, d'où le résultat:

Soit $CF(z)$ *une fonction entière qui n'est réelle pour aucune valeur de la constante* C *et qui admet une infinité de zéros réels mais aucun zéro complexe. S'il en est de même de sa dérivée, la fonction est assujettie à la condition* (8) *et la dérivée seconde admet une infinité de zéros complexes. Dans les autres cas, la dérivée première admet des zéros complexes.*

Les fonctions admettant un nombre fini de zéros ont été étudiées par M. Pólya (IV et VII), qui a trouvé les cas d'exception

$$(10) \qquad F(z) = a\,e^{bz},$$

$$(11) \qquad F(z) = a(e^{icz} - e^{id}) \qquad (c \text{ et } d \text{ réels}).$$

La proposition suivante se trouve donc démontrée :

Les seules fonctions entières de genre fini, telles que la fonction et toutes ses dérivées n'aient pas de zéros à l'extérieur d'une droite, sont celles qui se réduisent à l'une des formes (2), (10) *et* (11) *après une transformation des coordonnées qui fait coïncider la droite donnée avec l'axe réel.*

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur le spectre variable périodique des étoiles doubles : incompatibilité des phénomènes observés avec la théorie de la relativité générale.* Note de M. G. SAGNAC, présentée par M. Daniel Berthelot.

Dans le recueil de conférences « Stellar motions » de M. Campbell, directeur de l'Observatoire de Lick, se trouvent des observations qui paraissent incompatibles avec la théorie de la relativité généralisée.

1° *Première variation, observée à six mois de distance, dans l'effet spectral de Fizeau.* — Une étoile isolée, si elle était observée du Soleil, donnerait une raie déplacée de $\delta\lambda$ par l'effet de sa vitesse radiale invariable δv, comptée dans le système du Soleil. Sur la Terre on a, au lieu de $\delta\lambda$, $\Delta\lambda$ variable Δv définie par les variations annuelles de la seule vitesse radiale de la Terre. Par exemple, à 6 mois de l'année, la même étoile révèle un déplacement vers le rouge, puis vers le violet. La valeur maximum $\Delta_M\lambda$ est donc, pour une étoile isolée, très voisine du plan de l'orbite terrestre, égale à 10^{-4}, si l'on prend 30^{km} à la seconde pour valeur maximum de la variation de la vitesse radiale Δv de la Terre sur le rayon très peu variable qui l'unit à l'étoile. C'est bien le rapport de Fizeau, représenté par 10^{-4}, observé ainsi identique au rapport de la variation 30^{km} à la seconde et de la vitesse de la lumière. Aucune autre variation n'agit ici ; les ondes qui arrivent sur la Terre changent seulement dans leur vitesse relative. On peut donc dire qu'ici est déjà vérifié le transport des ondes invariables de l'étoile avec la vitesse radiale inverse égale à celle de la Terre, et à 6 mois cette variation du violet au rouge, ou inversement, est de 60^{km} à la seconde, variation isolée clairement par les physiciens astronomes, et que les calculs de M. Einstein sont impuissants à compenser, comme il le faudrait, pour rétablir, conformément à ses vues, l'universelle isotropie des vitesses de propagation, qui, mesurées dans le système terrestre, sont anisotropes. On voit se manifester ainsi le vent d'éther isolé clairement.

2° *Seconde variation observée dans un astre brillant en gravitation relative dans une étoile double.* — A une seconde près, pendant toutes les compa-

raisons de l'horloge sidérale d'un Observatoire sur la Terre, la période d'oscillation de cette étoile se montre en accord permanent avec cette horloge sidérale, de sorte que les prétendues perturbations de ces horloges échangeant des signaux avec le temps de rotation de la Terre ne sont qu'une illusion de la relativité générale.

Le professeur H.-A. Lorentz a présenté, avec son habituelle clarté, ce qui doit se passer d'abord dans un premier système de référence que nous pouvons prendre lié à l'étoile brillante d'un couple ou étoile double. Il admet l'isotropie de la vitesse de la lumière et nous sommes d'accord sur ce cas très singulier donné par l'observation, et entièrement en harmonie avec notre théorie nouvelle de la lumière, cas qui justifie presque exactement la théorie de l'émission de l'énergie de la lumière, de vitesse C constante dans le système de l'étoile et de vitesse $(C + \delta v)$, quand les astronomes la rapportent au Soleil. Ainsi débarrassée de l'influence de la vitesse radiale de la Terre, par le calcul que les physiciens astronomes font au jour de l'observation, la vitesse de la lumière coïncide, dans sa vitesse radiale augmentée de δv, avec la vitesse ainsi altérée d'une variation du premier ordre, dans le second système, celui du Soleil.

Si cette loi de projection radiale avait été appliquée par les physiciens astronomes avant l'article publié en 1914 par M. Lorentz dans la Revue *Le Radium* à la suite d'un article dans la *Revue générale des Sciences*, M. Lorentz aurait jugé inutile de ramener l'isotropie par le retard des horloges, puisqu'on obtient par le calcul la variation du premier ordre de la vitesse C de la lumière dans le premier système, celui de l'étoile, augmentée ou diminuée dans le Soleil de la vitesse relative de l'étoile à l'instant du départ de cet astre.

En effet, c'est la vitesse $(C + \delta v)$ qui est vérifiée aujourd'hui par la pure et simple comparaison de l'époque d'arrivée, calculée par exemple, pour le départ de l'élément d'énergie représenté par $\delta_M v$ valeur maximum de δv.

La valeur de δv est d'accord exactement avec la valeur $\delta\lambda$ du déplacement spectral observé par les physiciens astronomes et rapporté chaque jour d'observation au Soleil. Alors l'effet du premier ordre de la projection radiale de vitesse supplémentaire $\delta_M v$ est une loi positive qui échappe aux prévisions d'isotropie de la théorie de la relativité.

Dans deux Notes publiées aux *Comptes rendus* en 1922, j'ai exposé ces principes élémentaires en accord avec les mesures de l'avance ou du retard rapporté finalement au Soleil. Il en résulte qu'il est inutile de séparer les deux variations associées, celle de la vitesse radiale sur l'orbite et la vitesse

constante de translation rapportée au Soleil. Par exemple, dans notre seconde Note, nous considérons l'exemple de Y Sagittaire, étoile double Céphéide à un seul astre brillant. La valeur maximum de $\delta\lambda$ au Soleil donne, par son déplacement vers le rouge, un retard de la propagation de $\delta_M v$ qui est calculé par $\delta_M\lambda$ maximum, et représente 36^{km} à la seconde à l'opposé du Soleil. D'où résulte un retard à l'arrivée de $\frac{36}{300\,000}T_m$.

La valeur de T_m désigne celle que les astronomes ont entre les mains dans leur tableau où l'éclat, ici dans sa valeur moyenne, est en correspondance avec un temps de lumière. Dans ce cas, c'est 136 ou 138 ans. Alors le retard du signal aura la valeur maximum de la période P de 5,77 jours, de Y Sagittaire multipliée par 1,03 valeur du glissement z de l'époque d'arrivée, en arrière de l'époque à laquelle il faudrait s'attendre, si M. Einstein et ses élèves avaient vraiment raison dans leur isotropie générale associée à toute la relativité qui en est la suite purement logique sur le papier et n'a décidément aucune généralité. L'énorme effet précis et systématiquement calculable, que M. Hagen avait rapporté dans ses belles déterminations, à une hypothétique projection d'hydrogène, se calcule donc très simplement au moyen de notre loi théorique de projection radiale de la lumière, que nous établissons à la suite de la loi de déplacement spectral de Fizeau $\frac{\delta v}{C}$ et qui est représentée dans la variation relative identique de la vitesse radiale de la lumière, interprétée, avec Gouy, comme vitesse de l'énergie.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Le problème des n corps dans la théorie de la relativité.* Note de M. **J. Haag**, présentée par M. Émile Borel.

1. M. Le Roux a récemment [1] fait ressortir certaines difficultés de principe, que soulève l'application de la théorie d'Einstein au problème des n corps. Je ne reviendrai pas sur la question des perturbations planétaires classiques, à laquelle ont répondu MM. Brillouin et Buhl [2]. La véritable objection présentée par M. Le Roux et sur laquelle il a d'ailleurs lui-même insisté est la suivante :

Comment peut-on établir la correspondance entre les lignes d'Univers

---

(1) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 809, 1135, 1395.

(2) *Loc. cit*, p. 923 et 1040.

des différents corps, sinon d'une manière tout à fait arbitraire? Cette question est parfaitement justifiée; mais elle me paraît contenir elle-même sa réponse.

Si l'on adopte les idées relativistes, il est impossible de définir, d'une manière absolue, la position et la forme d'un système à un instant donné, pour cette raison bien simple que l'expression « à un instant donné » n'a aucun sens. Si l'on peut parler du temps propre d'un point, *le temps propre d'un système n'existe pas*. Il y a des points-événements; mais, il n'y a pas de systèmes-événements. Un système de n points est simplement défini par n lignes d'Univers, entre les points desquels n'existe *a priori* aucune correspondance. On ne peut donc parler du mouvement d'un système (et même de sa forme) qu'à la condition de *choisir au préalable un système de coordonnées* et, comme *ce choix est arbitraire*, *il en est de même de la correspondance* établie entre les lignes d'Univers par leur intersection avec les surfaces $t =$ const. C'est bien ce que dit M. Le Roux.

Mais, *il ne s'ensuit pas que la théorie de la relativité soit impuissante à étudier le problème des n corps*. Voici une esquisse de la méthode qui, me semble-t-il, pourrait être suivie.

2. Prenons des coordonnées galiléennes, au sens de l'Astronomie classique (quasi galiléennes, au sens des relativistes). La première chose à faire est de déterminer le ds^2 correspondant, pour une position donnée du système des n corps. On ne peut, comme dans le cas du centre unique de gravitation, adopter des coordonnées polaires. Commençons donc par transformer en coordonnées cartésiennes le ds^2 d'Einstein-Schwarzschild :

$$ds^2 = -\frac{dr^2}{1-\frac{A}{r}} - r^2(d\theta^2 + \sin^2\theta\, d\varphi^2) + \left(1-\frac{A}{r}\right)dt^2.$$

Si l'*on suppose* $\frac{A}{r}$ *assez petit pour qu'on puisse négliger son carré* et si l'on prend la vitesse de la lumière pour unité, on a, en coordonnées cartésiennes $(x_1 = x,\ x_2 = y,\ x_3 = z,\ x_4 = t)$:

$$(1)\quad \begin{cases} g_{11} = -1 - \frac{Ax^2}{r^3}, & g_{22} = -1 - \frac{Ay^2}{r^3}, \quad g_{33} = -1 - \frac{Az^2}{r^3}, \quad g_{44} = 1 - \frac{A}{r}, \\ g_{23} = -\frac{Ayz}{r^3}, & g_{31} = -\frac{Azx}{r^3}, \quad g_{12} = -\frac{Axy}{r^3}, \quad g_{14} = g_{24} = g_{34} = 0. \end{cases}$$

Avant de poursuivre l'étude du problème des n corps, il m'a paru intéressant de reprendre, avec les coordonnées ci-dessus, l'étude ordinairement

faite en coordonnées polaires, du mouvement d'un point. On forme sans peine les équations des géodésiques. Si l'on prend ensuite t comme variable indépendante, on est conduit à des équations telles que la suivante, où les accents désignent des dérivées par rapport à t et v la vitesse :

$$x'' = A\frac{x'r'}{r^2} - \frac{Ax}{2r^3}(1 + 2v^2 - 3r'^2). \tag{2}$$

Le terme $\frac{-Ax}{2r^3}$ correspond à l'attraction newtonienne. Les deux autres représentent donc l'effet Einstein. Ils sont faciles à interpréter et l'on en conclut que *le mouvement séculaire du périhélie de Mercure peut être expliqué par la Mécanique classique, à condition d'ajouter à l'attraction newtonienne* F :

1° *Une force* F_1 *tangente à la trajectoire et égale à* $2Fvr'$ *;*

2° *Une force* F_2 *ayant même direction que* F *et égale à* $F(2v^2 - 3r'^2)$.

Bien entendu, il est facile de retrouver l'équation de la trajectoire, à partir de cet énoncé. On peut aussi calculer la perturbation sur x, entre les temps o et t, par la formule

$$\delta x = A\int_0^t dt \int_0^t \frac{2x'rr' - 2v^2 + 3r'^2}{2r^3}\,dt, \tag{3}$$

où l'on remplacerait x, y, z par les valeurs, suffisamment exactes, déduites des lois de Képler (¹).

3. Revenons maintenant au problème des n corps. On pourrait être tenté de dire, tout simplement, qu'il suffit d'ajouter à chaque attraction newtonienne les deux forces perturbatrices précédentes. Mais cela est faux. Il est en effet nécessaire de tenir compte, dans la recherche des géodésiques, du mouvement des centres attractifs. Ce mouvement influe de deux manières : d'abord en ce qu'il modifie le ds^2 et ensuite parce qu'il introduit t dans les g_{ik}. Les corrections à apporter sont évidemment très faibles; mais on se rend aisément compte qu'elles sont du même ordre de gran-

---

(¹) A ce propos, je ne sache pas que l'on se soit jamais préoccupé de l'effet d'Einstein, en ce qui concerne la durée de révolution. Un calcul facile donne, en appelant a le demi-grand axe de l'orbite et e son excentricité,

$$\frac{\delta T}{T} = \frac{A}{a}\,\frac{5 - e}{2(1 + e)}.$$

Pour Mercure, cela correspond à un accroissement total de 76 secondes en un siècle.

deur que les forces F_1 et F_2, si la vitesse du centre de gravitation est comparable à celle du point attiré.

On voit sans peine comment se calcule la deuxième. Quant à la première, il me semble qu'on peut l'évaluer de la manière suivante. Soit O′ le centre attractif. Si l'on considère le trièdre de référence parallèle à $Oxyz$ et de sommet O′, on peut, en première approximation, admettre qu'il est, à chaque instant, animé d'une translation rectiligne et uniforme et appliquer les formules de la relativité restreinte pour passer d'un système à l'autre. Dès lors, en partant du ds^2 de Schwarzchild, qui s'applique aux axes mobiles, on peut évaluer le ds^2 relatif aux axes fixes. Mais, je n'ai encore fait qu' ébaucher ces calculs.

Si l'on envisage maintenant n centres attractifs simultanés, le ds^2 correspondant sera obtenu en ajoutant les perturbations δg_{ik} apportées par chacun d'eux, car, ces perturbations étant petites, les équations fondamentales d'Einstein les contiennent linéairement. Il revient au même de dire qu'on ajoutera simplement aux attractions newtoniennes les forces perturbatrices dues à chaque centre.

Voici enfin comment on abordera le problème des n corps. On écrira les équations du mouvement pour chacun de ceux-ci, en corrigeant les attractions newtoniennes des $n - 1$ autres, comme il vient d'être expliqué. Dans les seconds membres, figureront non seulement les coordonnées des n corps, comme dans la théorie classique, mais aussi leurs dérivées par rapport au temps.

Pour calculer l'effet Einstein, on remplacera ces coordonnées par leurs valeurs déduites des équations de Képler et l'on appliquera des formules analogues à la formule (3).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Séparation de mélanges liquides par distillation et atmolyse combinées. Obtention de l'alcool éthylique et de l'acide nitrique pratiquement purs.* Note de MM. **Édouard** et **Rémy Urbain**, présentée par M. Georges Urbain.

En dehors des travaux de Sainte-Claire Deville (1), de Rayleigh et Ramsay (2) et d'Aston (3), il a été fait peu d'applications de la loi de

(1) Sainte-Claire Deville, *Comptes rendus*, t. 60, 1865.
(2) Rayleigh et Ramsay, *Phil. Trans.*, t. 186, 1895, p. 206.
(3) Aston, *Phil. Mag.*, t. 39, 1920, p. 454.

Graham. Les travaux précités ont été exécutés avec un tube atmolyseur dans lequel était introduit constamment un mélange gazeux de composition déterminée.

La composition est par contre variable, si l'on soumet à l'atmolyse ([1]) des vapeurs issues de liquides volatils en distillation.

Les courbes de Gibbs et Konovalow (équilibre des liquides volatils sous pression constante) montrent qu'en dehors du cas où l'on sépare par distillation à l'état pur les deux constituants d'un mélange binaire, on ne peut séparer qu'un des constituants à l'état de pureté, et, d'autre part, un mélange de composition déterminée pour une pression déterminée.

C'est en vue de la séparation de pareils mélanges que nous faisons usage d'un appareil constitué par un ballon distillatoire surmonté d'un tube de porcelaine poreuse. Ce tube poreux est entouré d'une enveloppe étanche dans laquelle on crée une dépression de manière à provoquer la diffusion des gaz. Le tube poreux est prolongé par un réfrigérant descendant en forme de serpentin pour condenser les vapeurs qui n'ont pas diffusé (vapeurs résiduelles). Ces vapeurs résiduelles condensées sont, au moyen d'un robinet à trois voies, dirigées soit dans le ballon distillatoire, soit dans un récipient séparé.

Ainsi qu'il ressort d'un travail théorique de Lord Rayleigh ([2]), le gaz résiduel peut contenir, à un titre choisi, le constituant de poids moléculaire le plus élevé.

Dans la présente Note, nous envisagerons seulement la séparation de l'eau d'avec l'alcool, ou d'avec l'acide nitrique dont l'intérêt pratique est évident, et nous ne nous occuperons pas de la portion qui a diffusé.

I. L'eau et l'alcool admettent un mélange indédoublable par distillation à pression constante. Sous la pression atmosphérique, la courbe des températures d'ébullition admet en effet un minimum, 78°,15 pour 95,6 pour 100 d'alcool. Dans une distillation ordinaire, on ne peut obtenir de grandes quantités de ce mélange qu'avec un puissant appareil rectificateur. Avec l'appareil à atmolyse, on peut obtenir immédiatement ce mélange en réglant la vitesse de diffusion. En montant ensuite l'appareil de telle sorte que les vapeurs résiduelles condensées rentrent automatiquement dans le ballon distillatoire, la vapeur d'eau traversera la paroi poreuse de

([1]) Nous conservons le nom donné par Graham à la séparation des gaz par diffusion à travers une cloison poreuse.

([2]) Lord Rayleigh, *Phil. Mag.*, t. 42, 1896, p. 493.

préférence à l'alcool; le titre de l'alcool s'enrichit constamment et l'on obtient en pratique de l'alcool à 99°,8 pour 100.

II. Les courbes de distillation du mélange d'eau et d'acide nitrique présentent un maximum : le mélange à 68 pour 100 d'acide nitrique bout à 123° sous pression atmosphérique. Dans ce cas il est avantageux, dès le début des opérations, de faire rentrer les vapeurs résiduelles condensées automatiquement dans le ballon distillatoire. Lorsque la composition du maximum est atteinte, on recueille à l'extérieur les vapeurs résiduelles condensées qui constituent un acide nitrique pouvant atteindre le titre de 99°,6 pour 100.

III. Sans entrer dans des détails mathématiques, l'explication des deux techniques est la suivante : Pour la première phase de la purification de l'alcool, la partie non distillée s'enrichit en eau, et les gaz résiduels en alcool. *Il n'y a pas intérêt à les réunir.* Dans la deuxième phase de cette purification, la partie non distillée s'enrichit en alcool ainsi que les gaz résiduels. *Il y a donc intérêt à les réunir.*

Pour la première phase de purification de l'acide nitrique, la partie non distillée s'enrichit en acide ainsi que les gaz résiduels. *On a donc intérêt à les réunir.* Dans la deuxième phase où se fait du mélange distillant à point fixe, la distillation ne permet pas l'enrichissement. Par contre, les gaz résiduels s'enrichissent en acide. Leur réunion donnerait un mélange plus riche en acide; mais par distillation, la partie la moins volatile s'enrichissant dans ce cas en eau, le liquide demeurant dans le ballon distillatoire ne tarderait pas à atteindre la composition correspondant au maximum. *Il est donc nécessaire de recueillir à part les gaz résiduels.*

La théorie montre qu'il existe des conditions d'atmolyse (longueur des tubes, vitesses de diffusion, etc.) telles que le dispositif avec retour au ballon distillatoire permettrait dans tous les cas d'obtenir le constituant à poids moléculaire le plus élevé; mais dans ce cas la préparation serait rendue extrêmement lente, alors que la méthode décrite dans cette Note permet une séparation rapide et supérieure aux procédés décrits jusqu'ici dans ce but.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un polymère de l'acide cyanhydrique.* Note de M. Ch. Bedel, présentée par M. Béhal.

L'azulmine résultant de la polymérisation de l'acide cyanhydrique, cède à l'éther une substance cristallisée, qui a été étudiée par divers auteurs et

plus spécialement par Lange ([1]), Wippermann ([2]), Lescœur et Rigault ([3]). Ces auteurs ont admis qu'on se trouve en présence d'un polymère de l'acide cyanhydrique de formule $(HCN)^3$. Toutefois les résultats numériques de leurs analyses ne permettent pas de conclure avec certitude à un polymère de l'acide cyanhydrique. Les différences observées, sur lesquelles nous insisterons plus loin, peuvent s'expliquer aisément par l'extrême facilité avec laquelle ces sortes de corps s'altèrent au cours de leur préparation.

M. Lebeau ayant mis à notre disposition une grande quantité de produits de polymérisation de l'acide cyanhydrique, nous avons repris l'étude des corps que l'on peut extraire de la matière brute de polymérisation.

Nous avons employé l'épuisement par l'éther à chaud, comme l'avaient fait les deux premiers auteurs. La solution éthérée a laissé déposer des cristaux dont la coloration varie du jaune foncé au brun. Ces cristaux sont peu solubles dans l'eau froide et très solubles dans l'eau bouillante.

En purifiant, comme les auteurs précédents, par solution dans l'eau bouillante, décoloration par le noir animal et nouvelle cristallisation, nous avons isolé des cristaux faiblement colorés en jaune et pour lesquels cette teinte persiste même après plusieurs cristallisations.

Lescœur et Rigault ont analysé le produit obtenu directement par l'éther.

Le Tableau ci-dessous résume l'ensemble des résultats analytiques trouvés par les divers auteurs et par nous-même.

	Lange.	Wippermann.	Lescœur et Rigault.	Résultats extrêmes de nos analyses.		Théorie pour HCN.
C.......	45,60	45,12	43,96	44,80	45,68	44,44
H.......	4,90	4,51	3,80	4,31	4,83	3,70
N.......	52,18	51,55	51,13	49,50	51,21	51,85
Total.	102,68	101,18	98,89	98,61	101,72	99,99

L'examen de ce Tableau montre qu'aucun de ces résultats ne coïncide avec les proportions des éléments entrant dans la composition de l'acide

([1]) LANGE, *Sur une nouvelle combinaison ayant pour formule celle de l'acide cyanhydrique* (*Berichte*, t. 6, 1873, p. 99).

([2]) WIPPERMANN, *Sur le triacide cyanhydrique, une combinaison polymère de l'acide cyanhydrique* (*Berichte*, t. 7, 1874, p. 767).

([3]) LESCŒUR et RIGAULT, *Sur l'hydrure de cyanogène solide* (*Comptes rendus*, t. 89, 1879, p. 310); *Polymérisation de l'acide cyanhydrique* (*Bulletin de la Société chimique*, t. 34, p. 473).

cyanhydrique. Nous avons donc été conduit à examiner d'une façon plus minutieuse la purification de ce produit.

La méthode de purification, à laquelle nous nous sommes arrêté est basée sur les remarques suivantes :

La précipitation du polymère par refroidissement de sa solution aqueuse saturée à chaud et traitée au noir animal, donne toujours un produit faiblement coloré. Au contraire, les eaux mères de cette première cristallisation, concentrées en présence du noir animal, fournissent, par refroidissement rapide, une substance tout à fait incolore.

Nous avons analysé cette substance.

Résultats de nos analyses.

	I.	II.	III.	Moyenne.	Théorie pour HCN.
C...........	44,23	44,65	44,57	44,48	44,44
H...........	4,57	4,02	4,81	4,46	3,70
N...........	51,60	52,21	52,12	51,97	51,85
Total........				100,91	99,99

Ces résultats se rapprochent beaucoup plus que les résultats précédents de la formule de l'acide cyanhydrique; toutefois les résultats pour l'hydrogène restent un peu élevés.

Nous avons tenté de déterminer la grandeur moléculaire de ce polymère et nous avons réussi à obtenir des résultats concordants par la méthode ébullioscopique dans l'alcool méthylique.

Les résultats trouvés sont les suivants :

I.	II.	III.
101,4	118,4	101,8

qui correspondent à un tétramère de l'acide cyanhydrique.

Ce polymère se présente en cristaux prismatiques incolores. Il ne s'altère pas à la lumière, pourvu qu'il soit bien sec [1].

Il fond en se décomposant à 179°. Pour déterminer ce point de fusion, il est nécessaire d'opérer rapidement au bloc Maquenne. Lorsqu'on élève lentement la température, la décomposition du produit commence à 150°, avec formation d'acide cyanhydrique et d'ammoniaque.

---

[1] Cette substance paraît être beaucoup moins toxique que l'acide cyanhydrique : la dose de $0^g,50$ par kilogramme d'animal, administrée par la voie buccale, n'est pas mortelle pour le cobaye; à la dose de 1^g, la mort survient en quelques heures. Nous poursuivons l'étude toxicologique de ce polymère.

Le meilleur dissolvant est le cyanure de méthyle, qui en dissout $8^g,25$ pour 100 à 15°; viennent ensuite l'alcool méthylique ($6^g,1$ à 15°), puis l'alcool éthylique ($2^g,7$ à 15°). L'éther en dissout $0^g,9$ à 15°. La solubilité dans l'eau à 15° est de $0^g,3$ pour 100 et à 100° de $15^g,9$ pour 100.

La solution aqueuse est neutre aux réactifs colorés : elle s'altère au bout de quelques heures en donnant un précipité floconneux brun.

En solution dans l'alcool éthylique, le polymère est inactif sur la lumière polarisée.

Sous l'action des acides sulfurique, chlorhydrique étendus, il se dégage par molécule de substance une molécule d'acide cyanhydrique.

Les bases donnent naissance à de l'ammoniaque. Nous avons étudié tout spécialement l'action de la baryte en solution aqueuse. Cette étude avait été entreprise déjà par Lange, puis par Wippermann. Ces auteurs avaient conclu à la formation de glycocolle, de carbonate de baryte et d'ammoniaque. Au cours de nos essais, nous avons bien observé qu'il se formait du glycocolle, de l'ammoniaque et une petite quantité de carbonate, mais principalement de l'oxalate de baryte, qui a été isolé et analysé. La proportion d'ammoniaque dégagée dans cette réaction correspond à celle provenant de l'hydratation de trois groupements cyanés.

Par la potasse alcoolique et le chloroforme, on développe à chaud l'odeur de carbylamine.

En résumé, le polymère, qui est un tétramère de l'acide cyanhydrique, paraît correspondre au cyanhydrate de l'aminopropanedinitrile, alors que Wippermann lui assignait la formule de l'aminopropanedinitrile.

MINÉRALOGIE. — *Sur la parsonsite, nouveau minéral radioactif.* Note de M. **Alfred Schoep**.

La chalcolite de Kasolo (Katanga, Congo belge) est souvent mélangée à divers minéraux tels que la kasolite, la stasite, la dewindtite, le talc, le quartz, etc.; elle se présente en masses compactes vertes sur lesquelles on reconnaît, en général, les minéraux uranifères ci-dessus à leur couleur jaune. Beaucoup de morceaux de chalcolite ont une couleur brunâtre due à la présence d'un minéral à l'aspect terreux, pulvérulent, quelquefois compact et de densité élevée. On réussit assez facilement à séparer presque complètement ce minéral des cristaux de chalcolite par des lavages à l'eau; on élimine en même temps une gangue limoniteuse qui le ternit; ainsi purifié on constate que le minéral est formé de petits cristaux de couleur brun pâle, à éclat gras. Examinés au microscope dans l'huile de cèdre, ces

cristaux sont, sur les bords, presque incolores et transparents; vers le milieu ils renferment une substance brune en grains extrêmement petits, auxquels ils doivent vraisemblablement leur couleur. Dans certains cristaux cette matière brune est si abondante qu'elle les rend opaques.

Ces cristaux ont la forme de lamelles prismatiques, faiblement biréfringentes; l'extinction est oblique et fait un angle d'environ 12° avec la direction de l'allongement qui est de signe positif; ils sont biaxes, mais ne montrent pas de bonnes figures d'axes; il est impossible pour le moment de décider s'ils appartiennent au système monoclinique ou triclinique. Si l'on donne à la lamelle prismatique le symbole $g^1(010)$, la trace des faces qui la limitent sont $p(001)$, $h^1(100)$, et une face troncant l'angle o entre $p(001)$ et $h^1(100)$.

Les angles observés au microscope sont :

$$p(001) : o(hol) = 28° \text{ à } 29°,$$
$$h^1(100) : p(001) = 81°,$$
$$h^1(100) : o(hol) = 47° \text{ à } 48°.$$

La dimension de ces cristaux ne dépasse guère quelques dixièmes de millimètre. Leur indice de réfraction est plus élevé que 1,99. Leur densité, mesurée à l'aide du pycnomètre, est de 6,23 à 17°C. Leur poudre est d'un brun très pâle, un peu rose. Dans le tube fermé, elle donne de l'eau et devient jaune. Sur le charbon elle fond en un globule noir. Elle se dissout facilement dans les acides, mais dans l'acide nitrique il reste un faible résidu insoluble, rougeâtre, dans lequel on trouve, à l'analyse, SiO^2, Al^2O^3, et Fe^2O^3. Les solutions du minéral donnent les réactions du plomb, de l'uranium et de l'acide phosphorique.

L'analyse du minéral purifié et séché à l'air a donné les résultats suivants :

	1.	2.	3.	4.	
H^2O	»	»	»	1,56	1,56
PbO	44,71	»	»	»	44,71
CuO	0,25	»	»	»	0,25
UO^3	29,67	»	»	»	29,67
P^2O^5	»	15,08	»	»	15,08
TeO^3	3,01	»	»	»	3,01
MoO^3	0,43	»	»	»	0,43
CaO	»	»	0,63	»	0,63
Al^2O^3	1,23	»	»	»	1,23
CO^2	1,19	»	»	»	1,19
SiO^2, Al^2O^3, Fe^2O^3 insoluble	1,51	»	»	»	1,51
					99,47

L'analyse n° 1 a été faite sur 0g,4395; n° 2, sur 0g,3311; n° 3, sur 0g,2366; n° 4, sur 0g,500.

Des essais préliminaires, faits sur le minéral incomplètement purifié, ont donné : PbO, 45,41; UO^3, 31,48; P^2O^5, 12,80; perte au feu, 3,73.

J'ajouterai, au sujet de la présence du tellure et du molybdène dans ce minéral, que ces éléments ont été trouvés également dans la chalcolite; qu'en outre, la pechblende de Kasolo renferme du sélénium et du molybdène.

Le minéral soumis à l'analyse renfermait encore quelques paillettes de chalcolite, ce qui rend compte des 0,25 de CuO. Il est radioactif.

Le minéral est donc un phosphate de plomb et d'uranyle hydraté. Déduction faite des impuretés et en rapportant à 100, on trouve pour ses constituants :

		Nombre moléculaire.
PbO	49,11	0,22
UO^3	32,59	0,11
P^2O^5	16,56	0,11
H^2O	1,71	0,09

Ces chiffres conduisent à la formule

$$2PbO.UO^3.P^2O^5.H^2O.$$

Ce minéral est nouveau. Je propose de lui donner le nom de *parsonsite* en le dédiant à mon collègue A.-L. Parsons, professeur de minéralogie à l'Université de Toronto (Canada).

GÉOLOGIE. — *Sur le prolongement, entre Belfort et Thann, des accidents tectoniques de la bordure secondaire située au sud du massif vosgien.* Note de Mlle **Germaine Cousin**, présentée par M. Émile Haug.

Dans une Note antérieure (1), j'ai décrit, depuis le massif de Chenebier jusqu'à 10km au NE de Belfort, les relations tectoniques de la « falaise sous-vosgienne », d'origine jurassienne, avec les « collines sous-vosgiennes » qui font partie du massif ancien. J'envisage ici, entre Saint-Germain et Thann, le prolongement septentrional de la zone précédente. Des lambeaux de terrains secondaires s'y montrent encore, plaqués contre le massif primaire. On peut donc suivre, sur près de 80km, de Rougemont (Haute-

(1) G. Cousin, *Observations tectoniques sur les terrains secondaires de la bordure méridionale des Vosges* (*Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 949).

Saône) aux environs de Thann, l'avancée nord-ouest extrême du Jura sur son avant-pays vosgien. Sur toute cette longueur, les couches secondaires de bordure appartiennent ainsi à une même unité tectonique. En Haute-Saône, les assises triasiques et jurassiques qui la constituent montrent, dans l'ensemble, une succession continue. Elles se segmentent au contraire et s'étirent dans les environs de Belfort, puis deviennent de plus en plus discontinues et fragmentaires au NE. C'est en effet dans cette partie septentrionale que les couches jurassiques montrent leur maximum de progression sur le bord vosgien, contre lequel elles s'écrasent et se morcellent, en poussant devant elles un bourrelet de Permo-Trias d'épaisseur variable.

A. Entre Saint-Germain et Lauw, les bandes jurassiques étirées, que j'ai décrites aux environs de Roppe, n'affleurent plus, car elles sont masquées par des marnes miocènes ou par des alluvions. Cependant, des échantillons de brèche de friction à éléments jurassiques, recueillis dans des travaux de terrassement, entre Saint-Germain et Romagny, permettent d'envisager la continuité des accidents de Roppe, retrouvés, cette fois, au delà de Lauw.

Entre ce front jurassique et le massif ancien se trouve une bande permo-triasique : large de 2^{km} à Bourg, elle s'amincit au NE et n'a plus que quelques mètres d'épaisseur vers Lauw. Les argiles et sables qui la constituent ont dû servir de tampon entre les couches rigides des lambeaux jurassiques et le massif primaire. Toutefois, leur rôle n'a pas été uniquement passif : le Permo-Trias semble avoir progressé vers le NW. Son contact avec le Dévonien ou le Houiller métamorphique est souligné par une zone de broyage qu'on peut suivre de Bourg à Romagny, en passant dans la forêt à l'ouest du bois du Châtelet. Au NE de Romagny, des alluvions masquent cette structure jusqu'à l'est de Rougemont-le-Château. Sur la route de Leval on retrouve, sur du Viséen métamorphique, le Permien supérieur et la base du Grès Vosgien.

Ce contact, interprété sur la Carte géologique au 80000e comme un effondrement, est figuré par une faille à tracé rectiligne. L'étude attentive de la région me fait, par contre, relier cet accident, de *tracé sinueux*, à l'accident Bourg-Romagny et à le considérer comme un *contact anormal par chevauchement*. Dans le bois de Leval, le contact entre le bourrelet permo-triasique et le massif primaire est masqué, cette fois, par des formations glaciaires; mais on retrouve des argiles permiennes écrasées contre le massif ancien vers le Hochwaldschlag, au S de Lauw. Ce Permien laminé se poursuit sur la rive gauche de la Doller, le long du vieux chemin de Lauw à Sentheim.

B. On peut observer, de Lauw à Sentheim, contre la lame permo-triasique, des paquets broyés de la « falaise » secondaire.

Ce sont trois segments superposés de la bordure jurassique, qui ont progressé sur le Permo-Trias et sont venus, en se chevauchant, se redresser contre le Viséen métamorphique. Cette progression et l'arrêt brusque contre le butoir hercynien ont déterminé dans ces lambeaux des zones fortement broyées et des différences de pendage qui m'ont permis d'individualiser les trois écailles.

1° Le premier lambeau, long de 1200^m, dirigé SSW-NNE, est coupé normalement à sa direction, par la Doller; mais les témoins qui subsistent de chaque côté de la vallée permettent de reconstituer l'ensemble. C'est une série jurassique plaquée contre la lame permo-triasique; elle est très étirée, incomplète (Bajocien, Bathonien) sur la rive droite de la Doller, plus complète (Lias inférieur au Bathonien) sur la rive gauche. Dans la partie sud-ouest du lambeau, les calcaires oolithiques bathoniens sont recouverts par des marnes grises, surmontées d'arkoses et de sables blancs grossiers, rapportés par Andreæ [1] à la partie supérieure de l'Oligocène moyen (classification allemande), c'est-à-dire au niveau des argiles à *Septaria* du Bas-Rhin et des schistes à Poissons de Froidefontaine [2], soit à la partie supérieure du Rupélien. Au NE, le terme supérieur de cette écaille est le Bathonien, qui se trouve chevauché par le Séquanien broyé du troisième lambeau. Toutes les assises secondaires et tertiaires de cette série ont un pendage général de 50° environ au SE.

2° Le deuxième lambeau est au NNE du précédent, également en contact direct avec le Permien. C'est une lame de Muschelkalk, de direction SW-NE, épaisse de 60^m environ et enfoncée, comme un coin, dans les argiles permiennes. Les calcaires triasiques plongent, dans l'ensemble, à 70° au SE et sont très broyés dans la portion occidentale du lambeau. Cette lame de Muschelkalk, décollée, ayant progressé sur le Grès Bigarré, a poussé par places, devant elle et sous elle, des paquets de sables. Ceux-ci affleurent, injectés de Permien, dans le ravin voisin du four à chaux de Lauw.

3° Directement sur ces deux premiers lambeaux se place le troisième, de direction WSW-ENE. Sa zone frontale plonge sous les calcaires triasiques

(1) A. Andreæ, *Ein Beitrag zur Kenntniss des Elsaesser Tertiärs* (*Abh. z. geol. Specialk. v. Els.-Lothr.*, t. 2, 1884, p. 226).

(2) W. Kilian, *Sur les terrains tertiaires du Territoire de Belfort et des environs de Montbéliard* (*Bull. Soc. géol. Fr.*, 3e série, t. 12, 1884, p. 739).

de la deuxième série et sa partie E chevauche le Bajocien du premier lambeau. Ce dernier segment, le plus oriental et le plus élevé, tectoniquement et topographiquement, montre des couches très redressées. Les calcaires à entroques et oolithiques du Bajocien en forment la partie frontale, avec un pendage au NW voisin de 80°. Ils sont très bréchoïdes et imprégnés de bitume. Au SE, sous le Bajocien, se trouve une bande de Bathonien vertical de même direction. Sur les têtes de bancs de l'Oolithique inférieur s'étend une masse subhorizontale de Séquanien entièrement écrasé.

C. Plus au NE j'ai reconnu d'autres témoins jurassiques, toujours dans la même situation par rapport au massif ancien. Le premier, entre Burbach-le-Bas et Rammersmatt est également formé de lambeaux superposés et broyés, le Secondaire étant directement écrasé contre le Houiller. Un deuxième témoin, au NE de Limbach, m'a fourni des échantillons d'une brèche composite à éléments jurassiques, triasiques et même carbonifères, ce qui semble indiquer une translation à grande distance sur le substratum primaire. Ce dernier témoin de la bordure secondaire au SW de Thann s'intercale, cette fois, entre le massif primaire et le bourrelet permo-triasique qui affleure au SE de Limbach, sur la route Belfort-Thann, formé seulement de Grès Bigarré broyé. Les couches jurassiques ont donc non seulement poussé devant elles le Permo-Trias sur lequel elles progressaient, elles l'ont dépassé et sont venues, toujours poussées plus au NW, s'écraser contre le massif hercynien.

L'étude de ces faits amène à considérer ces lambeaux secondaires comme des débris redressés et broyés de la bordure jurassique des Vosges, poussée, loin au NW, par les mouvements tangentiels qui ont donné naissance à la chaîne du Jura.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Valeurs des éléments magnétiques à la station du Val-Joyeux (Seine-et-Oise) au 1er janvier* 1923. Note de M. **Ch. Dufour**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Les observations magnétiques ont été continuées en 1922 à la station de l'Institut de Physique du Globe de l'Université de Paris au Val-Joyeux, commune de Villepreux, dans les mêmes conditions que les années précédentes.

Les valeurs des éléments magnétiques au 1er janvier 1923 résultent de la moyenne des valeurs horaires relevées au magnétographe Mascart le 31 dé-

cembre et le 1er janvier et rapportées à des mesures absolues faites par M. J. Itié le 30 décembre et le 2 janvier.

La variation séculaire des différents éléments est déduite de la comparaison entre les valeurs actuelles et celles qui ont été données pour le 1er janvier 1922 (1).

Valeurs absolues et variation séculaire des éléments magnétiques à la station du Val-Joyeux.
(Latitude 48°49′16″; longitude 2°0′52″ E. Gr.)

	Valeurs absolues pour l'époque 1923,0.	Variation séculaire.
Déclinaison	12°26′,2	−10′,9
Inclinaison	64°39′,3	−0′,8
Composante horizontale	0,19656	−0,00009
» verticale	0,41498	−0,00043
» nord	0,19195	+0,00005
» ouest	0,04233	−0,00063
Force totale	0,45918	−0,00043

OCÉANOGRAPHIE. — *Les Tables hydrographiques de Knüdsen, l'eau normale et les limites d'erreur dans l'analyse de l'eau de mer.* Note de MM. **Odon de Buen** et **José Giral**, présentée par M. Joubin.

Depuis la création de l'Institut espagnol d'Océanographie, on s'y préoccupe des importants problèmes qui font l'objet de cette Note. Dans ses Laboratoires, on a analysé un grand nombre d'échantillons d'eau de mer recueillis pendant les derniers mois de 1919 et le commencement de 1920, avec l'aviso de guerre *Giralda*, et principalement au cours du rapide voyage accompli en novembre 1920 en conduisant S. A. S. le Prince Albert Ier de Monaco, de Lisbonne à Marseille. Il a été le dernier voyage océanographique dirigé par le si regretté Membre de l'Institut.

Dans la pratique des analyses d'eau de mer on exige, par suite d'un accord international, un degré de précision supérieur aux possibilités de la technique opératoire et aux facteurs variables indépendants de l'habileté du chimiste. Des variations dans les valeurs internationales acceptées pour les poids atomiques, et d'autres circonstances, telles entre autres que la quantité d'eau employée ordinairement dans l'analyse, ont une influence impor-

(1) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 185.

tante. Il faut tenir compte de ces considérations quand on indique les résultats des analyses et spécialement quand on désire établir la constance de certaines relations entre les quantités de certains éléments de l'eau de mer.

Un grand nombre d'océanographes ont soutenu l'idée de la constance dans les rapports entre les quantités de sulfates et de chlorures $\frac{SO^3 + 100}{Cl}$ entre le calcium et le magnésium $\frac{Ca + 100}{Mg}$; de la densité au chlore $\frac{\sigma}{Cl}$; du chlore à la salinité $\frac{Cl}{S}$, etc. Nous avons fait une longue série de travaux pour démontrer le contraire.

En ce qui concerne le rapport $\frac{SO^3 + 100}{Cl}$, nous avons pratiqué 56 déterminations de sulfates et 56 de chlorures. Nous avons trouvé pour ce rapport une valeur minimum de 9,91 et une valeur maximum de 12,98, avec une moyenne de 12,07. Les valeurs trouvées par d'autres investigateurs, et dans d'autres mers, oscillent entre 11,58 et 11,71 (Manuelli), 11,60 (Ruppin), 11,13 (Lab. Nancy), etc. On voit donc bien l'inconstance de ce rapport. Un fait analogue a été prouvé par MM. Bertrand et ses collaborateurs [1] pour le rapport entre le calcium et le magnésium.

Entre les valeurs des identités obtenues directement et celles calculées au moyen des « Hydrographische Tabellen », on avait déjà trouvé des discordances signalées dans l'Institut espagnol d'Océanographie par le professeur Ferrer. MM. Thoulet, Chevallier, Allemandet et autres investigateurs ont fait aussi des études concluantes sur cette question. Nous aussi avons fait des études analogues en comparant des densités calculées avec les Tables de Knüdsen et celles déduites de l'indice de réfraction.

La détermination directe du rapport du chlore à la salinité a été l'objet principal de nos investigations. La salinité a été déterminée par un procédé analogue à celui qu'emploie Sörensen [2] et c'est elle qui figure dans leur formule

$$S = 0'03 + 1'80\,Cl,$$

avec laquelle ils ont calculé les Tables. Les résultats obtenus par nous ne sont pas d'accord avec la constance de ladite relation, comme on peut l'observer dans les exemples suivants :

---

(1) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1251.

(2) *Berichte über die Konstantenbestimmungen zür Aufstellung der Hydrographischen Tabellen.*

Numéros des opérations.	Cl direct.	Salinité directe.	Salinité par formule.	Différence.
1698.......	20,06	36,45	36,24	0,21
1721.......	20,75	37,40	37,47	0,07
1738.......	20,85	37,79	37,69	0,10
1756.......	21,08	37,10	38,08	0,98
1760.......	20,06	36,24	36,26	0,02

Étant démontrés les changements que la composition relative des sels totaux de l'eau de mer subit selon la localité où elle a été recueillie, il n'est pas possible d'accepter, comme eau normale pour la détermination volumétrique du chlore, le même liquide pour toutes les mers; mais il est nécessaire d'employer une eau normale la plus analogue possible en composition à celle que nous devons analyser. De nos études nous concluons que :

1° Les résultats des analyses de l'eau de mer, sans aucune exception, doivent être donnés avec, au plus, deux chiffres décimaux.

2° Il n'existe pas de constance dans aucun des rapports entre les quantités des ions ou radicaux qui composent l'eau de mer. Un grand nombre de ces rapports sont seulement grossièrement approchés.

3° La relation entre la quantité de chlore et la salinité établie par la formule $S = 0',03 + 1,08\,Cl$, n'est pas non plus exacte, mais elle a une approximation suffisante pour certains travaux.

4° Ladite formule et les « Tables hydrographiques » de M. Knüdsen, calculées avec elle, sont très utiles pour les travaux de pêche et de biologie, mais doivent être repoussés dans les travaux sur la dynamique océanique et d'autres travaux océanographiques.

5° On doit fixer l'attention des océanographes sur le concept restreint de salinité établie par lesdites Tables, qui n'est pas d'accord exact avec la dénomination de « Contenu total en substances solides dissoutes dans l'eau de mer ».

6° L'emploi de l'eau normale préparée par un seul laboratoire et correspondant à une seule mer, doit être remplacé par des liquides types faits avec des eaux correspondant à la mer même qu'on veut étudier.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la perte de lumière à Paris et dans les environs.* Note de M. Louis **Besson**, présentée par M. Bigourdan.

Le Service météorologique de la Ville de Paris a entrepris l'étude de l'influence des fumées de Paris sur la quantité de lumière reçue dans les divers quartiers de la ville et dans la banlieue.

Comme il faut pour cela un assez grand nombre de stations et d'observateurs, le type d'instrument utilisé doit être simple. C'est l'actinomètre totalisateur ou lucimètre de Bellani qui a été choisi. J'ai eu l'occasion d'en signaler ici-même les défauts [1]. Le plus grave est que la table de correction qu'on dresse pour ramener les indications d'un de ces instruments à celles de l'étalon de Montsouris s'applique mal quand le ciel est couvert ou très nuageux. La période considérée (été) et la méthode de discussion (comparaisons de rapports) tendent à réduire le plus possible les effets de cette cause d'erreur.

Les stations, outre celles de Montsouris et de la Tour Saint-Jacques, ont été les suivantes :

Verrières-le-Buisson. — Établissements Vilmorin-Andrieux, à $8^{km},5$ au sud-ouest de l'enceinte de Paris. Observateur : M. Cazaubon.

Ville-Évrard. — Asile départemental, à $10^{km},5$ à l'est. Observateur : M. Tuffier.

Brévannes. — Hospice départemental, à $10^{km},5$ au sud-est. Observateur : M. Schubert.

Ivry. — Usine des Eaux, à 4^{km} au sud-est. Observateur : M. Legemble.

Ménilmontant. — Réservoirs des eaux, au bord est de Paris. Observateur : M. Suzoni.

Passy. — Réservoirs des eaux, au bord ouest de Paris. Observateur : M. Tamisey.

Boulogne. — A 1^{km} à l'ouest de l'enceinte. Observateur : M. A. Henry.

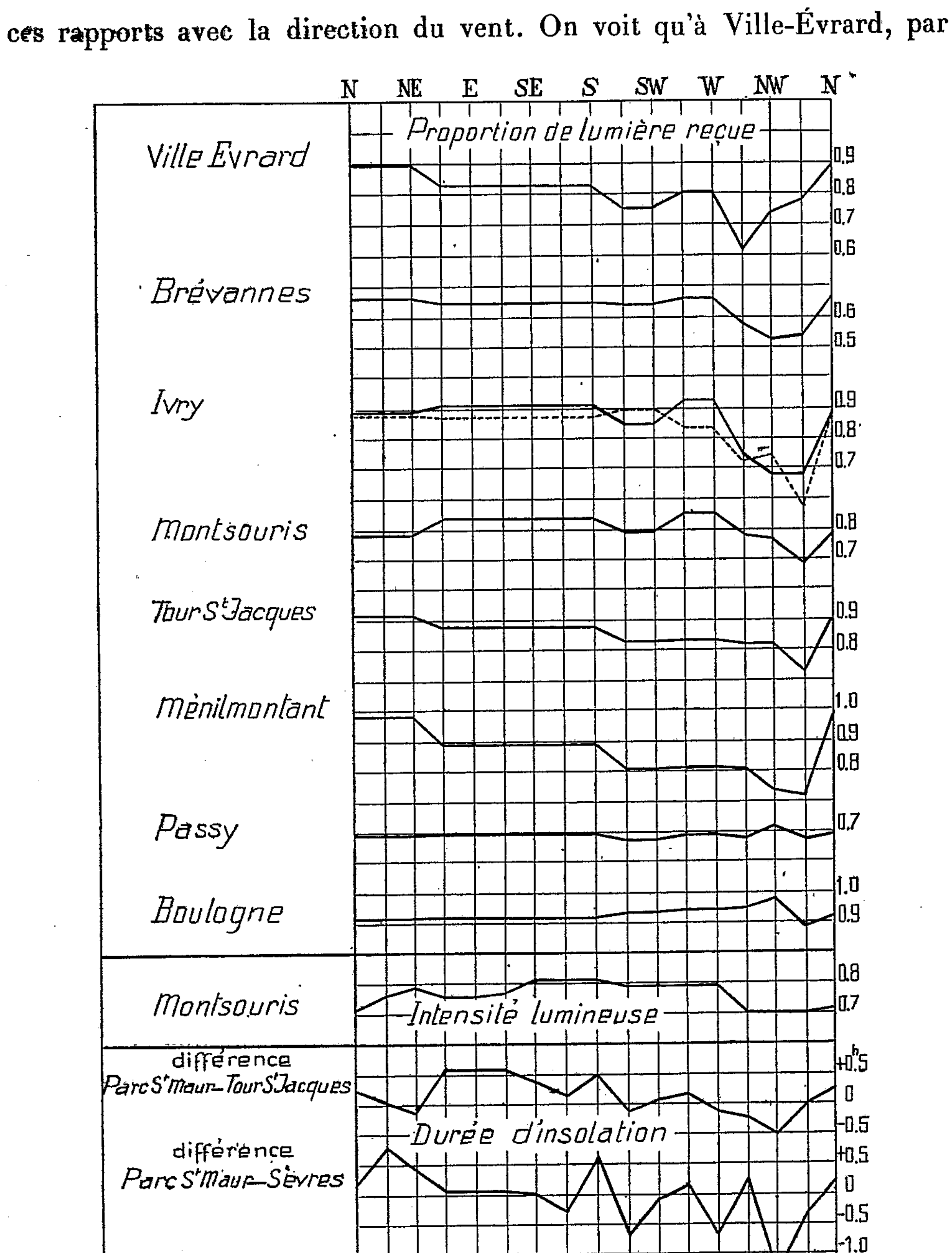
Juvisy. — Observatoire Flammarion, à 14^{km} au sud. Observateur : M. Quénisset.

Les nombres représentatifs des quantités de lumière reçues en 24 heures ont été classés, pour chaque station, suivant la direction moyenne du vent au sommet de la Tour Saint-Jacques, en distinguant autant de directions que le nombre des observations le permettait : N à NE, ESE à S, SSW-SW, WSW-W, WNW, NW et NNW. On a fait le total pour chacune de ces sept directions et on a pris, pour chaque station, le rapport du total relatif à chaque direction au total correspondant de Verrières.

La partie supérieure de la figure ci-contre montre comment varient

(1) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 851.

ces rapports avec la direction du vent. On voit qu'à Ville-Évrard, par



vent d'WNW, venant du nord de Paris, le rapport est de 0,62, alors qu'il est de 0,83 par vents d'ENE à S.

La valeur absolue de ces nombres a peu de signification, pour la raison indiquée au début, mais leur comparaison fait ressortir une perte de lumière de 25 pour 100.

A Brévannes, le vent le plus défavorable est, comme on pouvait s'y attendre, celui du NW. La perte est alors de 18 pour 100.

A Verrières, les seuls vents venant de Paris sont ceux de N à NE, qui viennent au contraire de la pleine campagne pour Ville-Évrard et Brévannes. La hausse du rapport dans l'une et l'autre de ces stations pour cette direction du vent semble indiquer une diminution du dénominateur commun, c'est-à-dire de la quantité de lumière à Verrières.

Pour Juvisy, les observations remontent à septembre 1921, mais avec de nombreuses lacunes, surtout en été. On a pris le rapport Ivry : Juvisy pour l'ensemble des observations jusqu'à octobre 1922 inclus, en laissant de côté les jours sans soleil. Les valeurs de ce rapport suivant la direction du vent sont indiquées par un trait interrompu; elles s'accordent en gros avec celles du rapport Ivry : Verrières.

Faute de place, il est impossible de compléter ici l'exposé des résultats. L'examen du graphique y suppléera.

La diminution de lumière que l'on constate lorsque le vent vient de Paris peut tenir, soit à la diminution de la transparence de l'atmosphère par suite des fumées, soit à l'augmentation des nuages. L'importance de la première cause est mise en évidence dans la figure par la courbe de l'intensité lumineuse à Montsouris, d'après les observations faites avec l'actinomètre d'Arago, par ciel clair, en plein été et au milieu du jour, durant 9 années.

Quant à l'accroissement de la nébulosité au-dessus de Paris, les mesures néphométriques de Montsouris et de la Tour Saint-Jacques en ont fourni depuis longtemps la preuve (1). La comparaison des durées d'insolation au Parc Saint-Maur, à la Tour Saint-Jacques et à Sèvres (observatoire de M. Eiffel), en fonction de la direction du vent, montre que quand le vent vient de Paris, il y a au Parc Saint-Maur, à 8^{km} de la ville, un déficit très sensible de l'insolation et par conséquent un excès de nuages.

En résumé, il semble établi que la perte de lumière due aux fumées et à l'augmentation des nuages se fait sentir jusqu'à une grande distance de Paris, du côté où va le vent. A 10^{km} à l'Est et au Sud-Est, elle paraît être encore de 15 à 25 pour 100, lorsque le vent vient de la ville. Pendant l'année courante, nous espérons pouvoir étendre et préciser ces recherches.

---

(1) *Annuaire de la Société météorologique de France*, 61e année, 1913, p. 181.

BOTANIQUE. — *Sur l'amidon des Algues Floridées.*
Note de M. G. **Mangenot**, présentée par M. L. Mangin.

L'amidon des Algues Rouges présente des caractères spéciaux, morphologiques et microchimiques incontestables.

On tend cependant (Kolkwitz, Kylin) à le considérer comme une simple variété de l'amidon ordinaire, présentant, avec ce dernier, le caractère commun d'être formé par des plastes et n'en différant que par des particularités physiques secondaires, analogues à celles séparant l'une de l'autre les nombreuses variétés connues d'amidon typique. Dans un travail précédent, j'ai montré qu'il existe, au contraire, de grandes différences entre l'amidon de certaines Floridées et les amidons ordinaires. Une étude beaucoup plus complète d'exemples nombreux pris dans tous les groupes d'Algues Rouges, m'a permis de préciser mes résultats antérieurs et d'obtenir ainsi des conclusions générales, dont je crois utile de donner un court résumé.

I. L'amidon des Floridées offre, dans l'ensemble des Algues Rouges, des caractères très constants. Il se présente sous l'aspect de grains que la solution iodo-iodurée *colore* en brun violacé; la nuance brune prédomine dans certains genres; la teinte violacée dans d'autres, mais ces variations tinctoriales, comportant tous les intermédiaires, semblent n'être que d'importance secondaire. La *forme* des grains est variable; lorsqu'ils sont très petits, on ne saurait la définir exactement; plus volumineux, ils paraissent irrégulièrement polyédriques; les plus gros affectent, suivant les types, soit l'aspect d'un disque concave, soit celui d'un ovoïde avec hile et couches concentriques difficilement visibles. Ces aspects sont assez fragiles, et des réactifs divers les altèrent profondément; par exemple le formol dont j'ai fait connaître l'action, sans modifier pour autant les caractères de coloration par l'iode. La solution iodo-iodurée elle-même gonfle toujours quelque peu les grains d'amidon, produisant, si ces derniers sont abondants, un effacement de leurs contours individuels, et donnant à leur ensemble l'aspect d'une masse diffuse rappelant, parfois à s'y méprendre, la disposition d'une plage de glycogène dans une cellule animale.

II. On ignorait jusqu'à présent par quels processus morphologiques apparaît l'amidon des Floridées. Certains auteurs, Schimper et Belzung en particulier, avaient admis que les granules amylacés des Algues Rouges n'ont aucun rapport génétique avec les plastes. Mais cette conception n'a

pas fait beaucoup d'adeptes et les algologues modernes ayant étudié spécialement la question (Darbishire, Henckel, Kylin) se déclarent généralement convaincus que l'amidon floridéen, comme l'amidon typique, est formé par les plastes. Mes observations à ce sujet sont très nettes : jamais l'amidon floridéen ne présente de rapports génétiques avec les plastes. On ne peut même pas observer, comme Schmitz l'avait admis, de constantes relations de voisinage entre cette substance et les chromatophores. Il y a indépendance morphologique absolue. Si l'on étudie l'origine de l'amidon floridéen dans des régions du thalle où débute l'accumulation de cette substance, on observe, quelle que soit l'Algue examinée, les phénomènes suivants. L'amidon apparaît à l'état de corpuscules extrêmement ténus, de forme indéfinissable, situés dans le cytoplasme, généralement à la périphérie du noyau; le nombre de ces corpuscules s'augmentant rapidement, ces derniers forment bientôt, au pourtour du noyau, un cercle granuleux tellement net que, chez certaines Algues (*Delesseria; Griffithsia*), le noyau n'a pu être repéré que grâce à sa couronne amylacée. Ces relations morphologiques du noyau avec les grains d'amidon floridéen, déjà entrevues par Schimper, sont évidemment très suggestives. Je pense qu'elles sont bien l'indice d'une participation active du noyau au processus synthétique dont résulte l'amidon. S'il n'y avait là qu'un groupement dû à l'accumulation des grains dans la région cytoplasmique de plus grande capacité, les apparences seraient autres : les premiers granules formés ne seraient pas si régulièrement au contact de la périphérie du noyau et les images d'amidon circumnucléaire ne cesseraient de s'accuser à mesure que la quantité de grains amylacés s'accroîtrait. Or, le contraire se produit : les grains d'amidon apparus au pourtour du noyau s'en éloignent, entraînés par les courants cytoplasmiques, dès qu'ils ont atteint une certaine taille, variable avec les conditions physiologiques de la cellule envisagée. Ils se répandent dans toutes les parties du corps cellulaire et tombent même assez souvent dans les vacuoles où on les voit, s'ils sont très petits, animés de vifs mouvements browniens.

III. Concernant le rôle physiologique de l'amidon floridéen j'ai observé les faits suivants : cette substance s'accumule dans les régions de croissance ralentie et de photosynthèse amoindrie. C'est ainsi que l'amidon paraît surtout abondant dans les thalles déjà vieux; par exemple, les frondes de *Rhodymenia palmata* Crev., toujours assez pauvres en amidon, se montrent particulièrement dépourvues de cette substance lorsqu'elles sont jeunes et en voie de croissance; des thalles âgés, verdis, renferment au contraire une

assez notable proportion d'amidon; mais les nouvelles frondes marginales poussant de la surface de ces vieilles plantes, bien colorées en rouge, croissant et, d'après les résultats de Wurmser, assimilant activement, ne montrent pas trace de matières amylacées. De même, les filaments chantransiformes des *Lemanea*, dont la croissance et l'assimilation sont actives, sont dépourvus d'amidon; à mesure que, par leur base, ils se transforment en rhizoïdes, cette substance apparaît, s'amasse dans leurs cellules qu'elle finit par remplir complètement.

L'amidon s'accumule aussi dans les cellules qui se différencient en vue de la reproduction (oogone et éléments auxiliaires, à rôle nutritif l'accompagnant si souvent). On résume tous ces cas en remarquant que l'apparition d'amidon manifeste un excédent des produits immédiats de la photosynthèse par rapport aux besoins de la consommation. Les processus assimilateurs forment, sans aucun doute, des sucres simples; mais, dans des conditions de croissance active, ces sucres sont aussitôt employés : j'ai souvent recherché, au moyen de la technique de Senft, à caractériser, par leur osazone, les sucres qui pourraient exister dans les cellules dépourvues d'amidon. Comme Tihomirow et Kylin, mes prédécesseurs dans cette voie, je n'ai jamais obtenu que des résultats négatifs.

IV. Au point de vue chimique, on sait que l'amidon des Floridées produit, après hydrolyse complète, un sucre en C^6, du dextrose d'après Kylin. Ce résultat très net de l'algologue suédois, confirmant ceux, plus anciens, d'Errera, son exactitude pouvait être considérée comme admise. J'ai voulu néanmoins la contrôler. Mais, ne disposant que de faibles quantités de substance, je me suis borné à caractériser, par la réaction de l'orcine de G. Bertrand, la nature générale des sucres résultant d'une hydrolyse chlorhydrique; je n'ai pu que vérifier les résultats précédents.

Ainsi l'amidon des Floridées, aux points de vue chimique et physiologique, se comporte comme l'amidon typique. Les colorations iodées l'en distinguent légèrement. Mais ses caractères essentiels sont d'ordre cytologique, c'est-à-dire que son mode de formation est absolument différent de celui de l'amidon banal. Celui-ci naît dans des plastes, celui des Floridées dans le cytoplasme avec la participation probable du noyau. Ces divergences, encore accentuées par certaines réactions bien spéciales, telles que le gonflement sous l'influence de la solution iodo-iodurée, traduisent probablement des différences *profondes*, d'ordre moléculaire ou colloïdal que les méthodes physico-chimiques actuelles, encore trop grossières, ne peuvent apprécier.

BOTANIQUE. — *Nouveau mode de division cellulaire chez les Conjuguées unicellulaires* (*Desmidiacées* sensu lat.). Note de M. **A. de Puymaly**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

La plupart des auteurs rangent l'ensemble des Conjuguées unicellulaires dans la famille des Desmidiacées et tous admettent que la division cellulaire de ces Algues a lieu constamment dans la même direction. Autrement dit, les cloisons qui se forment au cours des divisions successives seraient, d'après cette notion classique, toutes parallèles entre elles. Or, l'examen du *Cylindrocystis crassa* de Bary, espèce aérienne que j'ai récoltée dans les Pyrénées, m'a conduit à des conclusions bien différentes.

Dans cette plante, de Bary (1) avait déjà remarqué qu'un grand nombre de cellules filles montraient deux amylosphères disposées sur une ligne perpendiculaire à l'axe longitudinal de la cellule mère, puis s'allongeaient de préférence suivant cette ligne. Toutefois, n'ayant observé une telle disposition que sur des cellules filles dont les parois en regard étaient déjà convexes, il se demande si cet agencement ne résulterait pas du déplacement d'une cellule fille par rapport à l'autre. Aussi lui a-t-il été « impossible de décider avec une entière certitude » si l'espèce en question se divise ou non suivant deux directions perpendiculaires.

Lütkemüller (2) prétend, au contraire, que dans le genre *Cylindrocystis*, « la division cellulaire ne montre aucune particularité » et « se passe comme chez toutes les Desmidiacées saccodermées ». « Les données de de Bary..., ajoute-t-il, ne résistent pas à un examen approfondi. »

La disposition des amylosphères qui avait frappé de Bary, Lütkemüller l'a retrouvée dans certaines cellules qui, d'après lui, évoluent de la manière suivante : aussitôt après le cloisonnement, chaque cellule fille renferme un seul chloroplaste muni de deux amylosphères juxtaposées; ces dernières, puis le chloroplaste, ne tardent pas à se segmenter suivant un plan qui coupe à angle droit l'axe longitudinal de la cellule mère, tandis que le noyau se place finalement dans l'espace compris entre les deux nouveaux chloroplastes. A ce moment-là, les deux cellules filles, renfermant chacune deux

---

(1) A. de Bary, *Untersuchungen über die Familie der Conjugaten*. Leipzig, 1858, p. 37.

(2) J. Lütkemüller, *Die Gattung* Cylindrocystis *Menegh* (*Verhandlungen der kais.-Kön. zool.-bot. Gesellschaft in Wien*, Bd 63, 1913).

chloroplastes et quatre amylosphères, ont acquis la structure que possédait leur cellule mère et les mêmes phénomènes recommencent. Dans ce processus, par conséquent, chaque chromatophore contient à tous moments de son évolution deux amylosphères et les cloisons qui se succèdent sont toujours parallèles entre elles. Or cela ne cadre pas avec mes observations qui justifient au contraire les présomptions de de Bary.

Les cellules du *Cyl. crassa* sont entourées d'une enveloppe mucilagineuse plus ou moins persistante, qui, à la manière de celle des *Gloeocapsa*, se distend au fur et à mesure que la cellule se divise, de telle sorte que plusieurs générations successives, munies chacune de leur gaine propre, se trouvent souvent incluses dans la gaine de la cellule mère dont elles descendent. Par suite, les rapports de situation que les diverses cellules ont entre elles, au cours de leur multiplication, sont en grande partie conservés et renseignent sur la direction des cloisonnements qui se sont succédé. J'ai pu, notamment, observer à plusieurs reprises la disposition suivante : dans une gaine ellipsoïdale, dont la forme correspondait évidemment à celle de la cellule mère qui l'avait produite, se trouvaient deux cellules filles de même forme, mais dont le grand axe était perpendiculaire au grand axe de la gaine précédente; de plus, l'une d'entre elles s'était déjà divisée en deux cellules petites-filles par une cloison transversale, parallèle par conséquent au grand axe de la gaine en question. Bien que cet aspect soit suffisamment probant, j'ai tenu à suivre sur le vivant les principales phases de la division cellulaire. Celle-ci débute par l'apparition d'une zone claire équatoriale au niveau de laquelle se montre bientôt la nouvelle cloison transversale sous forme d'un diaphragme annulaire dont l'orifice finalement se ferme. Chacune des deux cellules filles ainsi délimitées ne présente au début qu'un grand chloroplaste central dont l'amylosphère primitive s'est déjà divisée en deux ou ne tarde pas à le faire. Les deux amylosphères résultantes, tout d'abord contiguës, s'éloignent bientôt l'une de l'autre le long d'une ligne qui définit la direction d'allongement de la cellule fille. Or, dans la plupart des cas examinés, cette ligne s'est montrée perpendiculaire à l'axe longitudinal de la cellule mère primitive; les cellules filles s'allongeaient donc dans un sens perpendiculaire à cet axe et la cloison transversale qu'elles prenaient dans la suite faisait naturellement un angle droit avec celle qui avait partagé leur cellule mère. Mais, dans quelques cas, la ligne suivant laquelle se séparent les amylosphères était parallèle à l'axe longitudinal de la cellule mère; les divisions consécutives s'accomplissaient alors dans la même direction.

Le plus souvent, par conséquent, la division cellulaire du *Cyl. crassa* se fait alternativement dans deux directions perpendiculaires. Parfois même, j'ai trouvé des groupes de cellules dont l'agencement révélait une division dans les trois directions de l'espace. Ce comportement ne diffère pas seulement de ce qui avait été observé jusqu'à présent chez les Desmidiacées *sensu lat.* Il exclut nécessairement l'existence d'individus formés de deux moitiés d'âge différent, ce qui est la règle pour la plupart des représentants de cette famille.

On sait d'autre part que, dans la grande majorité des Conjuguées unicellulaires, les quatre noyaux, issus de la division du noyau primitif du zygote, n'ont pas le même sort : deux dégénèrent, tandis que les deux autres donnent naissance à deux embryons. Chez le *Cylindrocystis Brebissonii* Menegh., au contraire, Kauffmann (1) n'a constaté aucune dégénérescence nucléaire et chaque zygote produit quatre embryons. S'appuyant avant tout sur ce caractère, manifestement primitif et déjà relaté par de Bary chez la même espèce ainsi que chez *Mesotænium*, Oltmanns (2) sépare des autres Conjuguées unicellulaires, c'est-à-dire des Desmidiacées *sensu strict.*, les genres qui le possèdent et les réunit dans une famille spéciale, les Mésotæniacées qui, à son avis, représentent les Conjuguées les plus inférieures et les plus primitives. Or la division cellulaire exposée ci-dessus est évidemment d'un type tout à fait primitif et, en tout cas, moins différenciée que celle qui s'accomplit suivant une seule direction de l'espace. Ce fait nouveau vient donc corroborer la classification d'Oltmanns, que divers auteurs, G. S. West et Lütkemüller en particulier, ont combattue.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Nouvelles expériences sur le phénomène de Broca et Sulzer (ondulation de fatigue).* Note de M. **Émile Haas**, présentée par M. Charles Richet.

L'étude des lumières brèves avait montré à Brücke que, dans un disque blanc et noir, le blanc semblait plus intense au moment du papillotement que lorsque le disque était au repos.

Broca et Sulzer ont fait l'étude quantitative du phénomène. Ils ont montré qu'après la phase de sensation faible due aux très courtes excitations, et bien étudiée par beau-

(1) H. Kauffmann, *Ueber den Entwicklungsgang von* Cylindrocystis (*Zeitschr. f. Botanik*, Bd 6, 1914).

(2) Fr. Oltmanns, *Morphologie und Biologie der Algen*, Iéna 1904, Bd 1, p. 52; 2e édition, 1922, Bd 1, p. 82.

coup d'auteurs, la sensation croît rapidement et atteint un maximum lorsque la durée de l'excitation est de l'ordre de quelques centièmes de seconde : c'est au voisinage de ce maximum que correspond le phénomène observé par Brücke. Ensuite, si l'on continue à faire croître la durée de l'excitation, la sensation décroît, d'abord vite, puis lentement, et devient constante.

D'après Broca et Sulzer, la courbe de la sensation montre une forme extrêmement accusée pour le bleu, beaucoup moins pour le blanc, moins encore pour le rouge, à peine marquée pour le vert; tous ces tons simples ou composés ayant été préalablement choisis de façon telle que leurs éclats en régime permanent fussent les mêmes. Pour, un même ton, le maximum est d'autant plus précoce et accusé que l'éclat en régime permanent est plus grand.

Broca et Sulzer expliquent ces faits par l'action combinée des apports successifs d'énergie excitatrice, qui se somment sur la rétine, et de l'épuisement croissant des éléments rétiniens.

Jusqu'au maximum, c'est la première cause qui domine, ensuite c'est la deuxième. En conséquence, ils ont donné au phénomène représenté par la partie caractéristique de la courbe le nom d'ondulation de fatigue, et ils l'ont évalué à l'aide du rapport de l'excès de l'ordonnée maxima sur l'ordonnée correspondant au régime permanent, à cette dernière.

Ces auteurs se servaient de filtres à radiations. Ils éclairaient d'abord identiquement deux plages contiguës, puis réduisaient le temps d'éclairage de l'une d'elles à de courtes durées déterminées. Pour chacune de ces durées, la grandeur de la sensation était mesurée par l'éclat qu'il fallait alors donner à la plage fixe pour l'égaliser photométriquement avec la plage intermittente.

Reprenant ces expériences à l'aide des couleurs d'un spectrophotomètre, j'ai obtenu des résultats comparables à ceux de Broca et Sulzer. Néanmoins, je veux restreindre la présente Note à des expériences préliminaires d'un intérêt différent.

Les expériences avec deux plages contiguës sont délicates en raison de la difficulté de fixation. J'ai donc cherché un dispositif qui supprimât cette difficulté et permît, sinon de mesurer exactement le maximum, du moins de déterminer les limites de durée d'excitation entre lesquelles l'augmentation d'éclat est évidente.

Je me suis servi d'un spectroscope à deux prismes. Deux lames noircies limitent la région utilisée du plan focal, de sorte qu'on se trouve en possession d'une plage relativement homogène. L'éclairage est fourni par un filament rectiligne dont on forme successivement deux images réelles. La deuxième image couvre la fente du collimateur. Dans le plan de la première tourne un disque portant des évidements périphériques réglables, grâce auxquels on peut admettre la lumière pendant des durées déterminées, périodiquement reproduites.

Si l'on produit alors un éclat de courte durée, suivi bientôt d'un éclat prolongé, *le premier éclat semble manifestement plus grand que le second*, pourvu que certaines conditions numériques soient réalisées. Ces conditions sont précisément ce que l'expérience a d'instructif.

Tout d'abord, aucune observation n'est possible si le temps d'obscurité qui sépare le court du long éclat n'atteint pas 0″,12. J'ai adopté pour toutes les expériences 0″,20. J'ai donné au grand éclat une durée fixe d'environ 2″; puis vient un repos de 2″, et

cette succession se reproduit périodiquement. Le court éclat est seul variable. Voici quelles sont les limites de durée du court éclat entre lesquelles le phénomène est observable :

	50 lux.	100 lux.	200 lux.	300 lux.
Rouge 656	-	0″,08 et 0″,16	0″,06 et 0″,12	0″,04 et 0″,12
Jaune 589	0,08 et 0,13	0,04 et 0,09	0,03 et 0,08	0,025 et 0,07
Vert 530	-	-	0,06 et 0,25	0,03 et 0,25
Bleu 469	0,02 et 0,06	0,02 et 0,05	pas mesuré	pas mesuré

(Observations faites à l'aide de mon œil droit.)

J'ai trouvé le phénomène extrêmement peu marqué pour le vert et seulement observable au-dessus de 200 lux; un peu moins faible pour le rouge, mais observable seulement au-dessus de 100 lux; plus fort pour le jaune; très accusé pour le bleu. Il est encore perceptible pour le bleu 25 lux entre 0″,03 et 0″,07 et pour le bleu 12 lux entre 0″,03 et 0″,12.

Il y a lieu d'observer, quant à la valeur de ces résultats, que la comparaison simultanée de deux plages permettrait seule d'apprécier des différences délicates. L'observation d'une plage unique à deux instants voisins ne permet d'apprécier que des différences grossières. Cependant les limites inférieures trouvées pour les durées de l'excitation sont bonnes. Un accroissement de 0″,01 dans la durée d'excitation suffit en effet, dans la région critique de la courbe, pour que la courte excitation donne lieu à une sensation manifestement plus forte que la longue excitation; alors que pour une durée immédiatement inférieure c'est le contraire qui se produit. Au surplus, les limites inférieures données ci-dessus coïncident avec les résultats de la méthode des deux plages. Au contraire, les limites supérieures obtenues n'ont qu'une valeur d'indication. Elles correspondent, avec une exactitude restreinte, à l'instant où, la décroissance de la sensation cessant d'être rapide, la courbe s'infléchit pour prendre une pente beaucoup moins marquée.

Ces réserves faites, on voit que la durée nécessaire pour produire la sensation maximum est plus vite atteinte pour le bleu que pour toute autre couleur. Corrélativement, la sensation diminue plus tôt pour le bleu que pour toute autre teinte. Pour une même teinte, le maximum et la descente sont d'autant plus précoces que l'éclat de la source est plus grand.

D'après ces expériences, il semblerait que les premiers instants d'une excitation lumineuse continue dussent paraître plus éclatants que les instants suivants. Or il n'en est rien. Il est facile de concevoir que si, dans ces conditions, la variation de la sensation ne peut être perçue, c'est en raison même de sa continuité.

Il ne peut être question de valeur instantanée de la sensation se présentant comme un état de conscience distinct, que dans le cas où elle n'est pas immédiatement suivie par une autre sensation.

Pour observer le phénomène, il faut établir une courte excitation, puis un repos ou discontinuité, puis une excitation plus longue. Le temps de repos correspond à la durée nécessaire d'une opération de jugement préparant la comparaison.

Au surplus, cette comparaison s'établit, non point entre les valeurs instantanées respectives de la sensation à la fin du court éclat et au début du long éclat, mais entre deux états de conscience qui sont les résultantes respectives des sensations instantanées pendant la courte et pendant la longue excitation.

MICROBIOLOGIE. — *Importance des sels ammoniacaux organiques dans la production de la pyocyanine par le bacille pyocyanique.* Note de MM. **A. Goris** et **A. Liot**, présentée par M. E. Roux.

Nous avons établi que les sels ammoniacaux des acides organiques bibasiques étaient de bons aliments pour le B. pyocyanique et de bons générateurs de pyocyanine ([1]) et que les acides aminés donnaient de moins bons résultats que ces sels ammoniacaux ([2]). Enfin nous avons constaté que les sels ammoniacaux des acides organiques monobasiques pouvaient également être employés avec succès. Le sel ammoniacal organique convient donc au développement du B. pyocyanique, il lui est absolument nécessaire; ne serait-il pas le seul principe indispensable à son existence?

A l'appui de cette hypothèse, nous rapportons les expériences suivantes :

I. *Cultures en présence de sels ammoniacaux minéraux et d'hydrates de carbone, séparés.* — Si l'on cultive le bacille sur milieu gélosé minéralisé, additionné des sels ammoniacaux suivants : carbonate, chlorhydrate, sulfate, azotate ou phosphate (en quantité calculée telle que chaque tube renferme 0g,011 d'ammoniaque), les résultats observés sont *négatifs*.

En présence des sucres et des alcools mis en expérience : glucose, lévulose, glycérine, mannite, ajoutés à la dose de 0g,10-0g,15, à chaque tube de gélose, le microbe se développe modérément sans que l'on connaisse les modifications qu'il fait subir à la substance hydrocarbonée. Cependant la culture sur ces milieux, additionnés de tournesol, fait virer l'indicateur au rouge.

([1]) A. Goris et A. Liot, *Observations sur la culture du B. pyocyanique sur milieux artificiels définis* (*Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1622).

([2]) A. Goris et A. Liot, *Nouvelles observations sur la culture du B. pyocyanique sur milieux artificiels définis* (*Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 575).

II. *Cultures en présence d'hydrates de carbone et de sels ammoniacaux minéraux, associés.* — En réunissant dans un même milieu et successivement chacun des sels ammoniacaux minéraux et chacun des hydrates de carbone envisagés ci-dessus et en les utilisant dans les mêmes proportions que dans les cas où ils sont pris isolément, on constate que les cultures sont abondantes et que la pyocyanine se produit surtout dans les tubes contenant du carbonate ou de l'azotate d'ammoniaque.

III. *Cultures en présence d'hydrates de carbone et d'ammoniaque pure.* — On ajoute à des tubes de gélose minéralisée renfermant respectivement du glucose, du lévulose, de la glycérine ou de la mannite, une quantité d'ammoniaque $\frac{N}{10}$ telle que le milieu renferme, non plus $0^g,011$ d'ammoniaque, car le milieu serait trop alcalin, mais une dose moitié moindre, introduite avec certaines précautions. Dans ces conditions, le microbe pousse lentement et au bout de 6 jours on observe une coloration verte très nette, mais seulement en présence du glucose, du lévulose et de la mannite. La production d'acides nécessaires à la neutralisation de l'ammoniaque a exigé plusieurs jours, mais une fois le sel formé, la production de pyocyanine s'est rapidement accentuée. Ces résultats peuvent s'expliquer par la formation d'acides organiques résultant de l'attaque des substances ternaires, lesquels s'unissent à l'ammoniaque libre ou libérée du sel minéral pour donner le sel ammoniacal nécessaire à la production de pyocyanine.

Ces hypothèses nous ont permis d'expliquer certains faits qui nous paraissaient obscurs dans nos essais.

C'est ainsi qu'en cultivant le microbe sur milieu gélosé, minéralisé, additionné d'urée seule, il n'y a ni développement, ni coloration, mais si l'on ajoute à ce milieu : glucose, lévulose, glycérine ou mannite, on constate un développement abondant et une coloration verte très nette des milieux ensemencés. Ce résultat qui tout d'abord nous paraissait inexplicable devient alors compréhensible. Le B. pyocyanique produit une uréase qui transforme le corps en $CO^3(NH^4)^2$, lequel se combine avec les acides provenant des sucres.

Le glycocolle se comporte comme l'urée; utilisé seul, il ne produit pas de pyocyanine; donc la fonction *amine* n'intervient pas, mais en présence d'une des quatre substances hydrocarbonées employées précédemment, la coloration verte apparaît, comme pour le cas de l'urée. Ceci nous a conduits à douter du rôle de la fonction *amine* dans les acides aminés pour la nutrition du bacille, et tout au contraire à imputer ce rôle à une fonction *sel ammoniacal* produite au cours du développement du microbe. Cette démonstration se fait de la façon suivante :

Prenant un acide aminé de formule $R - \underset{\displaystyle NH^2}{\underset{|}{CH^2}} - CO^2H$, nous avons

bloqué le groupe NH^2 par HCl. L'acide aminé seul pouvait donner la coloration, ce sel chlorhydrique ne la donne plus parce que l'azote de la fonction amine est immobilisé. Cet essai a été réalisé en ajoutant à des tubes de gélose minéralisée des quantités croissantes de solution de chlorhydrate d'asparagine (V-X-XV gouttes) afin d'éviter de communiquer au milieu une acidité trop forte; après plusieurs jours d'étuve, il ne s'est produit ni développement du microbe ni coloration.

Dans un second essai nous avons, cette fois, bloqué la *fonction acide* par un alcali, tel que la soude, ajouté en quantités calculées pour obtenir une neutralisation exacte et nous avons même ajouté $\frac{1}{10}$ de liqueur alcaline, pour être certain d'un léger excès d'alcalinité. Dans ces conditions, le microbe a la faculté de prendre le groupe NH^2 libre; malgré cela, il ne produit pas de pyocyanine, car il ne peut transporter l'AzH^3 formé sur la fonction acide pour en faire un sel ammoniacal de formule $R - CH^2 - CO^2NH^4$.

Ces essais ont été réalisés avec l'alanine sodée, la leucine sodée, l'asparagine sodée, etc.

Enfin, dans une troisième expérience, nous ajoutons à ces acides aminés dont la fonction acide est salifiée, les hydrates de carbone précédents et nous voyons alors apparaître la pyocyanine; le microbe a pris Az de la fonction $Az H^2$ pour donner de l'$Az H^3$ qu'il a transporté sur les acides provenant de l'oxydation des substances ternaires. Ce n'est plus le sel ammoniacal formé avec le résidu de l'acide aminé qui intervient, mais le sel ammoniacal formé de toutes pièces comme dans le cas du carbonate d'ammoniaque et de l'urée en présence des hydrates de carbone.

Ces diverses constatations fournissent donc des contrôles probants du rôle constant et capital joué par les sels ammoniacaux organiques dans la biologie du B. pyocyanique.

MICROBIOLOGIE. — *Sur quelques actions du thorium X sur les diastases et les microbes.* Note de MM. **J.-P. Averseng**, **L. Jaloustre** et **E. Maurin**, présentée par M. L. Mangin.

Depuis le mois de février 1922, nous avons poursuivi une série d'études sur l'action du thorium X sur divers processus physiologiques. Cette Note rend compte de nos expériences sur divers diastases et microbes.

1° *Action sur la ptyaline.* — Un poids déterminé d'amidon mis en suspension dans une quantité connue de salive et additionné de 100^{γ} de tho-

rium X a donné au bout de 24 heures d'étuve à 37° un tiers de plus de sucre réducteur qu'un tube témoin sans thorium X.

2° *Action sur l'amylase du suc pancréatique.* — Nous n'avons examiné que le pouvoir saccharifiant de ce ferment. Le thorium X, à la dose de 100$^{\gamma}$, a donné comme pour la ptyaline au bout de 24 heures un tiers de plus de sucre réducteur que l'expérience témoin.

3° *Action sur l'amylase de l'orge germée.* — Une dose de 10$^{\gamma}$ est déjà capable de provoquer en 24 heures une saccharification de l'amidon supérieure de 10 pour 100 à celle d'une expérience témoin. Puis la proportion d'amidon transformé s'élève parallèlement à la proportion de thorium X ajouté pour arriver à être d'un tiers supérieur à celle du témoin pour une dose de 300$^{\gamma}$. Au contraire, avec 400$^{\gamma}$, la saccharification de l'amidon est sensiblement égale à celle obtenue dans le tube témoin.

A cette dose l'action est donc nulle. Nous n'avons pas encore déterminé si des proportions plus élevées seraient retardantes ou même destructives de l'action hydratante de la diastase.

4° *Action sur l'émulsine.* — Cette action est également très nette. Avec des poids égaux de feuilles de laurier-cerise de même provenance, nous avons obtenu une eau de laurier-cerise titrant 1^{g},32 pour 1000 d'acide cyanhydrique par litre après activation par le thorium X, tandis que la richesse de l'eau témoin n'était que de 0^{g},95 par litre. Ce qui montre bien l'action stimulante du thorium X sur l'émulsine et par suite un dédoublement plus actif de la prulaurasine, le glucoside cyanogénétique contenu dans les feuilles de laurier-cerise.

5° *Action sur la fermentation ammoniacale.* — 50$^{cm^3}$ d'urine additionnés de 50$^{\gamma}$ de thorium X produisent au bout de 24 heures une richesse en ammoniaque d'un tiers plus élevée que celle obtenue dans 50$^{cm^3}$ d'une même urine prise comme témoin.

6° *Action sur les processus d'oxydation en présence des oxydases du sang.* — *a*. Si à une solution d'iodure de potassium à 1 pour 10 légèrement acidifiée par une goutte d'acide chlorhydrique, on ajoute 1$^{cm^3}$ de sérum sanguin et 50$^{\gamma}$ de thorium X, on obtient en 24 heures une mise en liberté d'iode supérieure de près de moitié à celle obtenue daus un tube témoin (l'iode mis en liberté a été dosé par l'hyposulfite de sodium).

b. L'addition de 50$^{\gamma}$ de thorium X dans un milieu renfermant 1$^{cm^3}$ de sérum sanguin produit uue augmentation très nette de l'oxydation du gaïacol (du simple au double comparativement avec un témoin et en dosant au calorimètre).

7° *Action en présence du ferment oxydant de la salive.* — L'expérience précédente répétée avec de la salive au lieu du sérum sanguin a donné sensiblement les mêmes résultats.

8° *Action sur quelques microbes.* — Vis-à-vis de certains microbes, le thorium X s'est également montré, à la dose de 200$^{\gamma}$, comme un accélérateur de leur vitalité. Des staphylocoques et des gonocoques ensemencés sur gélose ascite ([1]) non seulement n'ont pas été entravés dans leur développement, mais ont donné au contraire plus rapidement des colonies plus abondantes que dans les tubes témoins.

La vitalité des spermatozoïdes s'est également montrée un peu accrue. Leur survie a été de deux heures plus longue, après addition d'un égal volume de sperme et de solution de thorium X, que celle des témoins. La concentration de la solution de thorium X employée était de 40$^{\gamma}$ par centimètre cube.

9° *Conclusions.* — Le thorium X semble donc activer d'une façon très nette les propriétés hydratantes ou oxydantes des diastases étudiées, du moins aux doses employées.

En outre, aux doses relativement faibles de 200$^{\gamma}$, le thorium X est capable d'exalter la vitalité de certains microbes pathogènes et de certaines cellules vivantes ([2]).

MÉDECINE. — *Variations de l'excitabilité neuro-musculaire sous l'influence de la suppression et du rétablissement de la circulation d'un membre chez l'homme.* Note de MM. **Georges Bourguignon** et **Henri Laugier**, transmise par M. d'Arsonval.

A la suite des recherches de l'un de nous sur l'excitation d'ouverture ([3]) nous vaons recherché quelle influence pouvait avoir sur l'excitabilité d'une

---

([1]) On fait fondre au bain-marie des tubes de gélose neutre à 3 pour 100; on les laisse refroidir vers 45°; quand ils sont à une température d'environ 60°, on ajoute un tiers de liquide ascitique (ampoules stériles d'ascite du commerce). On mélange en agitant doucement et l'on coule immédiatement en boîte de Pétri.

([2]) Cf. P. Lemay et L. Jaloustre, *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 916; t. 174, 1922, p. 171, et t. 175, 1922, p. 1053. — G. Petit, L. Marchand et L. Jaloustre, *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 1170.

([3]) Henri Laugier, *Électrotonus et excitation : recherches sur l'excitation d'ouverture* (*Thèse de la Faculté des Sciences de Paris*, 1921).

façon générale l'arrêt de la circulation d'un membre par compression. Nous avons en outre étudié l'excitabilité après la décompression.

I. *Disposition des expériences.* — Toutes nos expériences ont été faites sur le membre supérieur gauche de l'un de nous qui servait de sujet.

La compression est exercée à l'aide du brassard de l'appareil de Pachon appliqué au bras aussi haut que possible pour découvrir le point d'excitation du nerf radial. La pression employée a été de 21^{cm} à 24^{cm}, nettement supérieure à celle qu'il fallait exercer pour arrêter le pouls à la radiale. Tantôt nous n'avons placé le brassard qu'après application d'une bande d'Esmarck, tantôt nous l'avons appliqué directement : dans le premier cas, nous produisons l'arrêt de la circulation avec anémie ; dans le deuxième cas, nous le produisons avec stase veineuse.

La marche générale des phénomènes est la même avec les deux procédés et il n'y a que des différences de détail : l'évolution de tous les phénomènes observés est plus rapide dans la compression avec anémie que dans la compression avec stase. Nous avons laissé la compression aussi longtemps que le sujet pouvait la supporter, soit 35 à 45 minutes dans la stase, et seulement 21 à 29 minutes dans l'anémie. Nous avons suivi l'excitabilité des extenseurs à l'avant-bras, sur le nerf, sur les points moteurs musculaires et par excitation longitudinale; la chronaxie des extenseurs étant plus grande que celle des fléchisseurs, il était plus facile d'en suivre l'évolution. L'excitabilité a été suivie par la mesure de la chronaxie à l'aide des décharges de condensateurs, suivant la technique de L. Lapicque appliquée à l'homme par l'un de nous (¹).

II. *Évolution de l'excitabilité des nerfs et muscles sous-jacents à la compression* (²). — *a.* Pendant la compression *dans l'anémie*, la chronaxie diminue jusqu'à la moitié de sa valeur normale sur le nerf et sur les points moteurs, aussi bien le point moteur supérieur que le point moteur inférieur (³), puis l'excitabilité indirecte par le nerf disparaît (avec 15 milliampères, intensité maxima supportable), tandis que l'excitabilité directe du muscle persiste; par excitation longitudinale, la chronaxie augmente et la contraction se

---

(¹) G. Bourguignon, *Société de Biologie*, 30 avril 1921.

(²) La compression produit une paralysie complète et des troubles vaso-moteurs et auditifs qui évoluent parallèlement à l'excitabilité et disparaissent après la décompression.

(³) G. Bourguignon, *Double chronaxie et double point moteur dans certains muscles de l'homme* (*Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 294).

ralentit tant que l'excitabilité par le nerf persiste; quand elle a disparu, la chronaxie diminue jusqu'à environ la moitié de sa valeur normale et la contraction reprend sa vivacité normale. La rhéobase suit, d'une manière générale, une marche inverse de la chronaxie (voir *fig.* 1, 2 et 3).

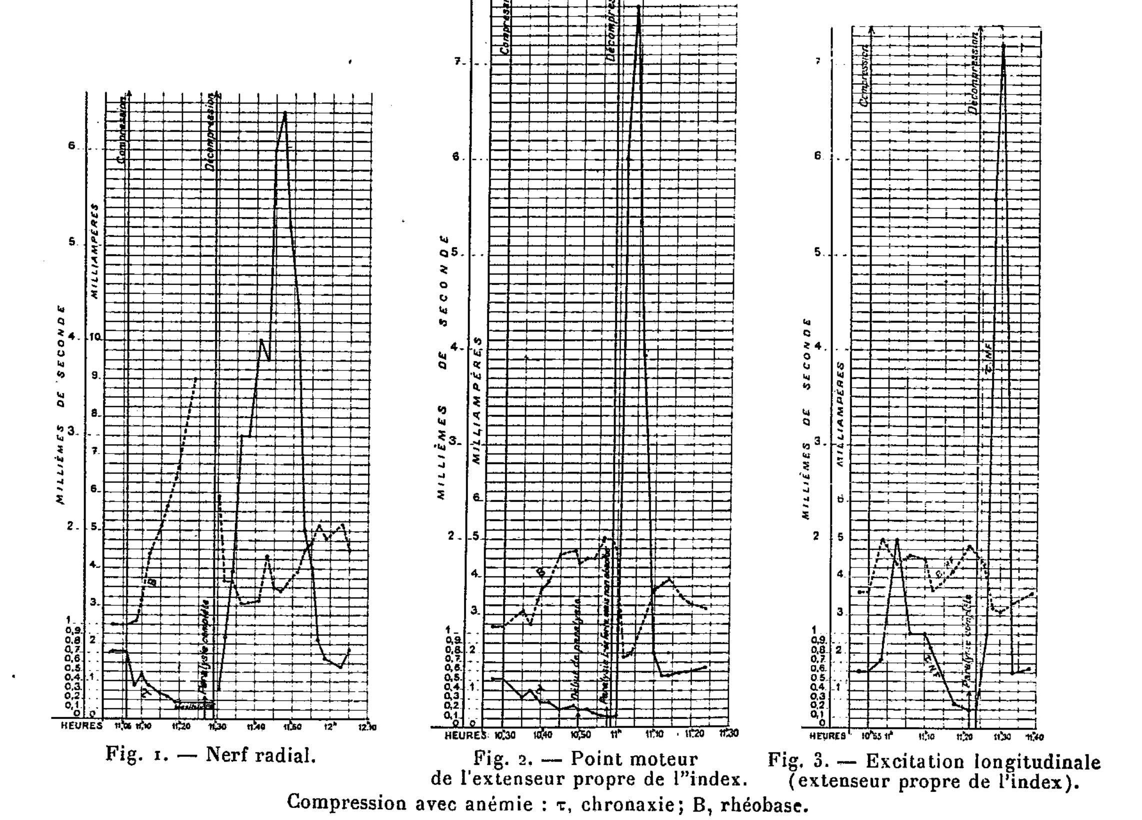


Fig. 1. — Nerf radial.

Fig. 2. — Point moteur de l'extenseur propre de l'index.

Fig. 3. — Excitation longitudinale (extenseur propre de l'index).

Compression avec anémie : τ, chronaxie; B, rhéobase.

Dans la stase, l'évolution est la même que dans l'anémie, à la durée près, sur le nerf et par excitation longitudinale. Mais, sur le point moteur, la chronaxie augmente au lieu de diminuer pendant toute la durée de la compression.

Pendant la compression, il se produit donc une véritable *curarisation*.

b. Après la décompression, les phénomènes sont les mêmes dans l'anémie et dans la stase, sur le nerf, sur les points moteurs et par excitation longitudinale, et ils sont remarquables : *en* 10 *à* 15 *minutes, la chronaxie augmente jusqu'à environ* 15 *fois la valeur normale et la contraction devient lente et galvanotonique*.

Aussitôt après, la chronaxie diminue rapidement pour revenir à la normale 15 à 20 minutes après le début de la compression. Le retour à la normale est plus rapide sur les points moteurs et par excitation longitudinale que sur le nerf (voir les figures). La contraction reprend sa vivacité normale. La rhéobase évolue, d'une façon générale, en sens inverse de la chronaxie, avec des variations plus étendues sur le nerf que sur les points moteurs et par excitation longitudinale.

Ainsi, *après la décompression*, on assiste à la production d'un syndrome qui se rapproche de celui de la « réaction de dégénérescence », avec cette particularité de s'observer sur le nerf : jusqu'ici ce n'est qu'exceptionnellement (cathélectrotonus, élongation expérimentale, H. Laugier; restauration des nerfs après suture ou après compression en pathologie humaine, G. Bourguignon) qu'on avait observé une très grande chronaxie sur le nerf avec contraction lente par excitation du nerf. C'est là un phénomène très intéressant dont le déterminisme ne pourra être étudié que par l'expérimentation animale.

III. *Répercussions.* — En étudiant l'excitabilité de nerfs et muscles situés dans une partie du corps éloignée du siège de la compression, nous avons observé des modifications d'excitabilité par voie réflexe qui feront l'objet d'un travail spécial.

Conclusions. — 1° Pendant la compression, avec stase comme avec anémie, il se produit une véritable *curarisation*.

2° Après la décompression, il se produit une augmentation considérable de la chronaxie du nerf et du muscle, avec contraction lente, comme dans le syndrome de la « réaction de dégénérescence ».

3° Les modifications, réversibles, du nerf et du muscle dans la compression, se répercutent à distance par voie réflexe, comme le font les lésions [1].

4° Toutes les modifications observées sont réversibles rapidement.

A $16^h 35^m$, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $18^h 15^m$.

A. Lx.

---

[1] G. Bourguignon, *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 453, et t. 174, 1922, p. 773.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS DANS LES SÉANCES DE DÉCEMBRE 1922.

Électricité. Magnétisme. Gravitation. Mécanique. Théorie de la chaleur, par E. LEBERT. Vannes, Lafolye frères et Cie, 1922; 1 fasc. 25cm. (Présenté par M. Mesnager.)

De Réaumur (1683-1757). *Sa vie. Son œuvre*, par M. LÉON GUILLET. Extrait de la *Revue de métallurgie*, août 1922; 1 fasc. 25cm.

Études géologiques sur le Nord-Est du Tonkin, par RENÉ BOURRET. Hanoï, Imprimerie d'Extrême-Orient, 1922; 1 vol. 28cm.

Anthropologie der Neu-Caledonier und Loyalty-Insulaner, par VON Dr FRITZ SARASIN. Berlin, C. W. Kreidel, 1916-1922; 1 vol. 30cm; 1 atlas, 40cm. (Présenté par le Prince Bonaparte.)

Flore analytique et descriptive des hépatiques de France et des contrées voisines, 2e édition, par T. HUSNOT. Cahan, par Athis, Orne, chez l'auteur, 1922; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. L. Mangin.)

Ministère des régions libérées. Reconstitution foncière et cadastre. *Rapport sur les expériences de levés de plans aux grandes échelles avec emploi de la photographie aérienne, exécutées en* 1921 *et* 1922 *sur le territoire de Vignemont, Oise*, sous la direction de M. H. ROUSSILHE. Paris, 1922; 1 vol. 33cm. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

Voyage de M. le baron MAURICE DE ROTHSCHILD en Éthiopie et en Afrique orientale anglaise (1904-1905). Résultats scientifiques. *Animaux articulés*. Première et deuxième Parties, un atlas. Paris, Imprimerie nationale, 1922; 3 vol. 36cm. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

La télégraphie sans fil, par ÉDOUARD BRANLY. Paris, Payot, 1922; 1 vol. 16cm.

Administration des Monnaies et médailles. *Médailles en vente à la Monnaie de Paris*. Imprimerie nationale, 1922; 1 fasc. 23cm.

L'évolution des cadrans solaires, par J. DE REY PAILHADE. Grenoble, Joseph Allier, 1922; 1 fasc. 24cm.

Sophus Lie Gesammelte Abhandlungen, 3e volume : *Abhandlungen zur Theorie der Differentialgleichungen erste Abteilung*, heraugeben von FRIEDRICH ENGEL. Leipzig, B. G. Teubner, 1922; 1 vol. 24cm.

Théorie électrique moderne de l'état solide, par MARCEL BRILLOUIN. Extrait du *Bulletin de la Société française des électriciens*, 4e série, t. II, no 16.

Attelages mécaniques destinés à assurer, automatiquement, la stabilité de direction dans la propulsion des embarcations et navires de guerre et de commerce, par W. FROGER. Chez l'auteur, Lorient, 1922; 1 fasc. 31cm.

An account of the crustacea of Norway, par G. O. SARS. Volume IX : *Ostracoda*. Parts I et II : *Cypridinidæ*, *conchœciidæ*, *polycopidæ*. Bergen, Bergen Museum, 1922; 1 fasc. 29^{cm}.

Mémoires du Comité géologique. Nouvelle série. Livraison 174. *Flore paléozoïque de la série d'Angara*. Atlas, par D. ZALESSKY. Petrograd, 1918; 1 vol. 33^{cm}.

ERRATA.

(Séance du 8 janvier 1923.)

Note de M. *David Wolkowitsch*, Sur les mouvements infiniment petits en un point d'un corps élastique admettant un plan de symétrie :

Page 76, ligne 5, *au lieu de* les lignes d'action de ces forces elles-mêmes, *lire* les lignes d'action de ces forces et ces forces elles-mêmes.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 22 JANVIER 1923.

PRÉSIDENCE DE M. ALBIN HALLER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. G. BIGOURDAN donne lecture de la Notice suivante :

La mort vient d'enlever à notre Académie un de ses plus anciens correspondants étrangers, **HENDRICUS GERARDUS VAN DE SANDE BAKHUYZEN**, décédé à Leyde le 8 de ce mois.

Il était né à La Haye le 2 avril 1838 et il fut successivement professeur dans un Gymnase de cette ville, dans une École d'Utrecht et au Polytechnicum de Delft; en 1872 il devint professeur d'Astronomie à l'Université de Leyde et en même temps directeur de l'Observatoire de cette ville. Quoiqu'il eût professé la Physique à Delft, il est surtout connu comme astronome; et sous sa direction l'Observatoire de Leyde a maintenu et même accru sa haute réputation, particulièrement pour l'astronomie de position la plus précise.

Ses déterminations d'étoiles fondamentales jouissent d'une considération légitime, car il avait su les dépouiller de diverses équations personnelles, par l'emploi d'appareils spéciaux qu'il avait imaginés lui-même. Le catalogue de 10239 étoiles de $+30°$ à $+35°$ de déclinaison, fait sous sa direction pour collaborer à la grande revue du Ciel par l'Association astronomique allemande, est également très apprécié. Et c'est aussi sous sa direction que J.-C. Kapteyn, notre correspondant décédé depuis peu, appliqua pour la première fois la méthode de détermination de nombreuses parallaxes stellaires avec un instrument méridien.

Il avait repris aussi, de concert avec D. Gill, l'emploi de la méthode préconisée par La Caille au XVIIIe siècle pour déterminer la réfraction astrono-

mique : cette méthode exige des observations faites en des stations éloignées d'environ 90° en latitude, afin que certaines étoiles qui culminent dans l'une près de l'horizon passent près du zénith de l'autre; et tel est à peu près le cas pour les deux observations de Leyde et du Cap.

H.-G. van de Sande Bakhuyzen fit aussi beaucoup de déterminations de longitudes, notamment avec Paris, où il venait volontiers; il me faisait remarquer un jour que ce voyage ne lui occasionnait aucune perte bien sensible de temps, car il pouvait quitter son Observatoire le matin assez tard et observer ici le soir du même jour.

Il apporta également une contribution importante à l'explication de la variation des latitudes, en étudiant les changements du niveau moyen de la mer sur les côtes hollandaises; et ses recherches étendues sur la translation du système solaire sont également très connues.

Les observations physiques l'attirèrent également, au moins dans la mesure où elles pouvaient se concilier avec tant d'autres travaux : on lui doit un Mémoire important sur la rotation de Mars et sur les changements qui se produisent à la surface de cette planète. En s'aidant de dessins faits autrefois par Schrœter il détermina cette durée de rotation à une petite fraction de seconde près.

Il eut aussi une grande part dans la publication des Œuvres complètes d'Huyghens, monument bien connu, élevé par la Hollande à un de ses plus illustres enfants.

H.-G. van de Sande Bakhuyzen avait pris depuis longtemps sa retraite de directeur de l'Observatoire de Leyde, mais il était resté Secrétaire de l'Association géodésique internationale, puis il l'était devenu de l'Association géodésique réduite. En outre il était Président de la Commission géodésique néerlandaise. Il était devenu correspondant de notre Académie en 1896.

ASTRONOMIE. — *Sur les coordonnées des* Observatoires *ou* Cabinets *de la Muette et de Passy.* Note de M. G. BIGOURDAN.

Au XVIIIe siècle, le goût des collections d'instruments d'astronomie et de physique était très répandu : les grands seigneurs, les magistrats, les financiers se créèrent à l'envie des *Cabinets*, de sorte qu'en 1787 un guide de Paris n'en signale pas moins de 46. C'est ainsi qu'un Cabinet de physique

fut fondé à la Muette [1], où Louis XV habitait parfois; il servit notamment à des expériences auxquelles assistèrent des Savants de l'époque, tels que Buffon, de Fouchy, etc.

Ce Cabinet existait déjà en 1750 et fut d'abord dirigé par un Mongol, sur lequel nous n'avons aucun renseignement. En 1756, il passa sous la direction d'un profès bénédictin, dom Noël [2], qui s'était occupé avec succès de la construction d'instruments d'optique, et qui même avait entrepris déjà l'exécution d'un très grand télescope, dépassant de beaucoup, par ses dimensions, tout ce qui avait été fait jusqu'alors.

En 1756 on fit construire à l'extrémité du Jardin de la Muette un pavillon, qualifié parfois de *petit Observatoire* et qui fut le premier des Cabinets dont nous parlons.

Cabinet de la Muette. Ses coordonnées.

La position de ce cabinet ne nous est connue que par un plan conservé aux Archives nationales (O_1, 1581) et qui d'ailleurs n'est pas bien explicite quant à la place exacte.

D'après ce plan, c'était une construction rectangulaire, de 25^m de long sur 8^m de large, « pour le télescope du Roi et les ouvrages mécaniques du P. Noël ». Il était placé presque au sommet de l'angle Nord-Ouest que forment aujourd'hui les rues de la Pompe et de Siam.

Ce cabinet se trouva bientôt insuffisant, et on voulut l'agrandir; mais comme un projet dressé par l'architecte Gabriel montait à une somme trop

---

(1) Pour plus de détails, voir G. Bigourdan, *Un Institut d'optique à Paris au* XVIIIe *siècle*, dans les *Comptes rendus du Congrès des Sociétés savantes en* 1921, Sciences, p. 19-74. Il en existe un tirage à part de 56 pages, Paris, 1922. — Voir aussi L. Mar, *Le Cabinet de Physique du roi* dans le *Bull. de la Société historique d'Auteuil*, III, p. 152.

(2) Dom Noël, né en 1712 ou 1713, mourut à la fin de janvier 1783. Par la protection du duc de Chaulnes, et sur la demande du roi, il fut appelé de l'abbaye de Saint-Thierry, près de Reims, à celle de Saint-Germain-des-Prés à Paris, où il établit un atelier qui occupa jusqu'à 40 ouvriers.

Vers 1755 il voulut fonder à Saint-Germain-des-Prés une sorte d'Académie d'optique, et dans cette vue il offrit à ses Supérieurs un assortiment considérable d'instruments avec une somme de 24000 # pour leur installation. Après quelques hésitations, les Supérieurs déclinèrent l'offre qui alors fut acceptée par le roi, avec les services de dom Noël à la Muette; quelque temps après (10 avril 1759) un brevet royal donnait à dom Noël le titre de *Garde et Démonstrateur* du Cabinet de Physique et d'Optique de Sa Majesté, établi à la Muette.

« considérable dans les circonstances présentes », on acquit en 1760 un hôtel voisin, situé rue de Passy, pour servir au même usage; c'est là que fut installé le second Cabinet, auquel nous allons revenir, et qui est généralement confondu avec le premier. Mais on conserva celui-ci comme dépôt, et même on y observa le passage de Vénus de 1769, parce que, le Soleil devant être très bas au moment de l'entrée de la planète, on n'avait pu trouver dans le nouveau Cabinet d'emplacement convenable : cette observation y fut faite (¹) par de Fouchy, Bailly, dom Noël, de Bory et l'abbé Bourriot.

Après la retraite de dom Noël (1ᵉʳ janvier 1775) ce premier cabinet servit quelque temps d'Observatoire et de laboratoire à Rochon, chargé spécialement des parties optiques et astronomiques. Rochon faisait travailler là quelques ouvriers, outre ceux qu'il occupait au dehors, et y exécuta une partie des travaux que nous aurons à rappeler. Après la mort de dom Noël, en 1783, Rochon eut à sa disposition d'autres locaux, et dès lors il n'est plus question de ce premier cabinet : construit en 1756, il n'aurait donc eu qu'une durée d'environ 30 ans.

D'après le plan dont nous avons parlé, reporté sur la plan de Paris à 2^{mm} par mètre, l'intersection des diagonales du rectangle qui constituait ce cabinet se trouvait, par rapport à notre origine habituelle, 4490^{m} à l'Ouest et 2802^{m} au Nord : c'est de là qu'ont été déduites les coordonnées angulaires données plus loin.

MÉCANIQUE. — *Sur l'orbite de Mercure.* Note de M. L. Lecornu.

Dans une Note sur *Le problème des n corps dans la théorie de la relativité* (²), M. J. Haag vient de montrer que l'effet Einstein concernant le déplacement du périhélie de Mercure peut être expliqué par la mécanique classique en ajoutant à l'attraction newtonienne F une petite force tangentielle

$$F_1 = 2\,F v r'$$

et une petite force $F_2 = F(2v^2 - 3r'^2)$ dirigée, comme F, vers le Soleil (l'unité de vitesse étant la vitesse constante de la lumière).

(¹) *Hist. et Mém. de l'Acad. des Sciences*, année 1769, *Hist.*, p. 95, et *Mém.*, p. 531. Pour le point d'observation la longitude indiquée est $14^{s},5$ à l'Ouest, comme en 1761, ce qui peut faire croire qu'il fut le même qu'en 1769, mais cela tient à ce que les deux points d'observation de 1761 et de 1769 sont à peu près sur le même méridien.

(²) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 163.

Voici une conséquence de cette interprétation.

Soit i l'angle de la tangente avec le rayon vecteur issu du Soleil. On a

$$r' = v \cos i, \qquad \text{d'où} \qquad F_1 = 2 F v^2 \cos i$$

et

$$F_2 = 2 F v^2 \left(1 - \frac{3}{2} \cos^2 i\right).$$

D'autre part, e désignant l'excentricité de l'orbite, égale, pour Mercure, à 0,205, le maximum de $\frac{3}{2}\cos^2 i$ est $\frac{3}{2}e^2 = 0{,}063$ et sa valeur moyenne est environ 0,03. On peut donc, avec une erreur insignifiante, réduire F_2 à $2Fv^2$.

Ceci étant, observons que la projection $F_2 \cos i$ de F_2 sur la tangente est égale et opposée à F_1, en sorte que tout se passe comme si à l'attraction newtonienne s'adjoignait une force $F_3 = F_2 \sin i = 2 F v^2 \sin i$, perpendiculaire à la vitesse. D'ailleurs,

$$v r \sin i = \frac{2\pi a b}{T}.$$

Remplaçons en outre F par sa valeur connue $\frac{4\pi^2 a^3}{T^2} \frac{m}{r^2}$ et mettons en évidence la vitesse c de la lumière.

Il vient ainsi :

$$F_3 = \frac{16\pi^2 a^4 b}{c^2 T^3} \frac{m v}{r^3}.$$

Dans ma Communication du 6 février 1922, intitulée *Quelques remarques sur la relativité*, j'ai signalé, après M. D. Berthelot, la possibilité d'expliquer le déplacement du périhélie de Mercure par l'existence d'une force $v f(r)$ perpendiculaire à la vitesse; j'ajoutais que l'assimilation du Soleil à un aimant conduirait à prendre $f(r) = \frac{K}{r^3}$ (K désignant une constante).

On voit que le calcul de M. Haag, déduit de la formule d'Einstein-Schwarzchild, aboutit sensiblement au même résultat.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *A propos d'une Communication récente de MM. P.-A. Dangeard et Pierre Dangeard.* Note de M. **L. Maquenne.**

L'année dernière, nons avons annoncé, M. Demoussy et moi, que les feuilles adultes d'*Aucuba japonica* se conservent dans le vide, à la lumière, pendant plus d'un an, sans changer de couleur et sans perdre leur faculté

de décomposer l'acide carbonique au Soleil ([1]). Cette propriété étant l'une des plus caractéristiques de la végétation normale, nous en avons conclu que les feuilles de cette espèce étaient restées vivantes pendant ce long laps de temps. MM. Dangeard viennent dans un important travail de vérifier pleinement l'exactitude de cette manière de voir ([2]); ces auteurs n'ont pu, en effet, par l'examen le plus attentif, constater au début de novembre la moindre différence digne de remarque entre une feuille que j'avais mise moi-même en tube scellé le 30 mai 1922 et une autre fraîchement cueillie. Les microsomes y sont animés des mêmes mouvements; les colorants vitaux, dont notre savant Confrère fait usage depuis plusieurs années pour reconnaître si une cellule végétale est vivante ou morte, donnent lieu dans l'une et dans l'autre aux mêmes réactions. Il est donc bien certain que la feuille dont il s'agit avait conservé toute sa vitalité dans les conditions normales où on l'avait maintenue pendant 6 mois, en l'absence d'air et de toute communication avec la souche qui l'avait portée.

Cette conclusion, qui résultait déjà de notre travail personnel et que les minutieuses recherches de MM. Dangeard viennent de rendre irréfutable, entraîne un certain nombre de conséquences qu'il nous paraît utile de mettre en lumière parce qu'elles intéressent de près la biologie végétale.

C'est d'abord l'indépendance remarquable des feuilles d'*Aucuba* vis-à-vis des autres organes de la plante. Les observations qui précèdent montrent, en effet, que chacune d'elles est capable de vivre d'une vie propre, tellement que, si pareilles greffes étaient possibles, il serait possible aussi de reconstituer sans dommage un sujet mutilé en en rapprochant les feuilles, détachées à l'origine et conservées, comme il vient d'être dit, pendant plus ou moins longtemps. Sous cette forme, l'expérience n'est pas réalisable, mais peut-être le serait-elle avec un rameau, qui sans doute se conserverait dans le vide, à la lumière, aussi bien qu'une feuille isolée. Cette indépendance ne doit d'ailleurs se manifester que chez les feuilles adultes, qui ont atteint leur maximum d'accroissement et, par suite, n'ont plus besoin d'aucun apport de matière nutritive empruntée aux réserves du bois; on peut voir là l'une des raisons pour lesquelles elles sont persistantes.

C'est ensuite la constatation de ce fait que la lumière, indispensable à l'accomplissement du phénomène qui nous occupe, n'a pas seulement pour effet d'exciter la fonction chlorophyllienne, nécessaire pour compenser les

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1387.
([2]) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 49.

pertes dues à la respiration nocturne, mais qu'elle est en partie transformée en énergie mécanique, que la cellule conservée utilise à faire mouvoir son protoplasma : analogie évidente avec la cellule normale, sur laquelle MM. Dangeard insistent avec juste raison parce qu'elle porte sur l'un des plus importants caractères de la vie.

Enfin il est bon de rappeler, comme nous l'avons déjà fait, M. Demoussy et moi, dans la Communication précitée, que ces phénomènes ne peuvent s'accomplir que si le quotient respiratoire des feuilles se maintient au moins égal à 1 pendant toute la durée de leur conservation. On peut même affirmer qu'il dépasse cette valeur, puisqu'à l'ouverture des tubes on y trouve de l'oxygène, en quantité voisine de celles qu'ils renfermeraient s'ils étaient pleins d'air. Il faut voir là une confirmation de nos anciennes recherches sur la respiration végétale, qu'il convient de rapprocher des travaux de M. Schlœsing fils sur les échanges gazeux qui se produisent entre une plante entière et l'atmosphère dans laquelle on la maintient confinée.

Les faits qui viennent d'être décrits n'ont encore été reconnus que chez le seul *Aucuba*; sans doute on en observera de semblables avec d'autres plantes convenablement choisies, mais il faut bien se garder de généraliser. La conservation de certaines feuilles, dans les mêmes conditions, ne dure que quelques semaines et même parfois quelques jours. Pourquoi ces différences, pourquoi n'y a-t-il pas toujours équilibre entre la fonction chlorophyllienne et la fonction respiratoire d'une feuille détachée et pourquoi, en particulier, les chloroplastes se maintiennent-ils intacts chez telle espèce alors qu'ils se décolorent rapidement chez telle autre? Autant de questions auxquelles il est impossible actuellement de répondre et que de nouvelles recherches pourront seules élucider. C'est, comme l'ont fait remarquer MM. Dangeard en terminant l'exposé de leur travail, un vaste champ d'études qui s'ouvre aux investigations.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur la vaccination contre le charbon symptomatique par les toxines.* Note de MM. **E. Leclainche** et **H. Vallée**.

Dès 1888, E. Roux indique qu'il est possible d'immuniser contre le charbon symptomatique par l'inoculation sous-cutanée de la sérosité virulente récoltée sur des cadavres et filtrée sur porcelaine [1], fait qui fut confirmé

(1) E. Roux, *Annales de l'Institut Pasteur*, 1888, p. 49.

par les recherches de Duenschmann. Celles de Schöbl, auquel on attribue illégitimement la découverte de ce principe, n'ajoutent rien au mérite de cette démonstration.

Nos recherches sur l'obtention de cultures pures du *B. Chauvœi* et sur leur toxicité, les travaux ultérieurs de Grassberger et Schattenfroh, les tentatives d'application de Nitta devaient conduire à l'utilisation systématique de la vaccination par cultures filtrées, alors que, pour des raisons qui nous échappent, il n'apparaissait point possible aux producteurs d'obtenir des virus-vaccins réellement atténués, selon le procédé que nous avons fait connaître ici même en 1913 [1].

Il ne semble pas que les tentatives de vaccination par les toxines du *B. Chauvœi*, réalisées en divers pays, se soient toujours inspirées de l'étude systématique du poison sécrété par ce germe.

Pour qui connaît les conditions intimes de la filtration sur parois minérales, celles de la rétention et de l'adsorption des substances actives des humeurs par les bougies filtrantes, il est permis de douter que l'utilisation comme antigène des sérosités virulentes mérite la préférence sur celle de cultures liquides en milieux appropriés, pauvres en albumines dissoutes et d'une plus évidente toxicité.

Mais les cultures toxiques elles-mêmes ne doivent point être soumises sans discernement à la filtration et la valeur des toxines qu'on en obtient par ce traitement peut varier en des limites étendues.

Ainsi que nous l'avons montré dès 1900, *B. Chauvœi* sécrète dans les cultures liquides, dès la vingt-quatrième heure, une toxine capable de tuer immédiatement diverses espèces animales par injection intra-veineuse — fait nouveau à cette époque, où l'on ne connaissait que des toxines microbiennes à incubation — mais confirmé depuis, aussi bien pour la bactérie du charbon symptomatique que pour les toxines de divers autres anaérobies [2].

Selon que l'on utilise, pour la culture, du bouillon de Martin, des milieux additionnés de divers sucres, du bouillon de foie, la toxicité initiale de la culture disparaît plus ou moins rapidement. Avec le vieillissement des cultures et la lyse spontanée des corps microbiens, consécutive à la sporulation, le milieu récupère une toxicité d'une nouvelle forme qui se traduit par le fléchissement de l'activité du poison foudroyant et la production de poisons

---

(1) E. Leclainche et H. Vallée, *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 989.
(2) Leclainche et Vallée, *Annales de l'Institut Pasteur*, 1900, p. 202.

à action locale dont les effets se traduisent, notamment, par la formation d'une escharre.

Il nous a paru que, pour l'immunisation des organismes par les toxines, c'est à ces deux formes de la toxicité qu'il convenait d'avoir recours et la méthode semble condamnable qui ne fait appel, pour la vaccination, qu'à des produits de cultures filtrées à la 24e heure de leur développement ou aux filtrats de cultures de 5 à 8 jours.

Nous ne reviendrons pas ici sur les faits, par nous publiés, relatifs à la toxicité des cultures en divers milieux et à diverses époques de leur développement. Il nous suffit de rapporter en cette Note des expériences poursuivies sur la toxicité des extraits de corps microbiens du *B. Chauvœi* et sur leur pouvoir immunisant.

Au cinquième jour de leur développement, alors que la lyse partielle de *B. Chauvœi* libère dans le bouillon des cultures des substances toxiques de seconde extraction, un reliquat abondant de corps microbiens persiste qui, après centrifugation, donne, pour 1 litre de véhicule, un poids de corps microbiens allant jusqu'à 4^g.

Si on laisse vieillir la culture, pour obtenir la libération plus complète des poisons inclus, on assiste au fléchissement progressif de la toxicité, la quantité des substances actives libérées demeurant inférieure, sans doute, à celle qui se trouve détruite.

Il importe donc, si l'on entend ne rien perdre de la masse totale des poisons cellulaires, de séparer le bouillon des corps microbiens, alors qu'il présente son maximum de toxicité, d'assurer la conservation de celle-ci à l'abri de l'air et de la lumière, au frigorifique, et, reprenant les corps microbiens de centrifugation, d'en extraire d'un seul coup les poisons inclus pour les incorporer ensuite au tout.

Nous avons eu recours dans ce but à la méthode de Rowland, déjà utilisée par MM. Nicolle, Frasey, Debains et Nicolas pour l'extraction des endotoxines de diverses bactéries aérobies. Quatre grammes de sédiments de cultures, provenant de variétés très toxinigènes [1] de la bactérie du charbon symptomatique, sont intimement mélangés et broyés avec 10^g de sulfate de soude anhydre. La poudre obtenue est ensuite intégralement desséchée à l'abri de la lumière, dans le vide, en présence d'acide sulfurique.

La totalité du produit desséché, redissous dans 500^{cm^3} d'eau distillée,

---

[1] Toutes les races de *B. Chauvœi* ne produisent point des toxines d'égale activité. Nous avons relevé cette particularité et Grassberger et Schattenfroh insistent, de leur côté, sur le « polychimisme » du microbe.

donne une solution qui, centrifugée à très grande vitesse, se révèle encore louche, d'apparence dichroïque et très riche en substances albuminoïdes.

Filtrée sur bougie Chamberland L/3, après supercentrifugation, la dilution se montre capable de provoquer chez le cobaye, à la dose de 1^{cm^3} injectée sous la peau, une réaction locale avec escharre. Étendue d'un égal volume d'eau, elle reste encore capable, à cette même dose, de vacciner le cobaye contre une inoculation virulente mortelle en 24 heures pour les témoins.

Si l'on mélange à des cultures jeunes de 24 à 48 heures l'extrait endotoxique de cultures de 3 à 5 jours, préparé en redissolvant dans un minimum d'eau distillée la poudre sulfatée sodique, on obtient un complexe toxique résumant la totalité des poisons sécrétés aux divers âges par le *B. Chauvœi* dans ses cultures. Le mélange réalisé, filtré sur bougie L après supercentrifugation, constitue un antigène total, incomparablement mieux approprié à la vaccination que des produits recueillis soit au début de la pullulation microbienne, soit seulement sur sa fin.

Quel que soit l'intérêt d'un tel procédé, il n'apparaît point que la vaccination contre le charbon symptomatique à la faveur des toxines et aggressives représente une méthode préférable à toutes autres. L'immunité conférée n'est pas acquise plus rapidement que celle obtenue par l'inoculation des virus atténués et la méthode ne dispense pas, en milieu contaminé, de la prudente et économique intervention de la sérothérapie. Les résultats de Grassberger et Schattenfroh, ceux de divers auteurs américains, démontrent en outre que la résistance conférée n'est point toujours suffisante (¹).

Au surplus, il est aisé de constater que la vaccination du cobaye par virus atténués est toujours supérieure en ce qui regarde le vibrion septique, le *B. Chauvœi* et divers bacilles parasymptomatiques, dont l'étude sera incessamment publiée, à l'immunisation par les toxines. Celle-ci d'ailleurs se prête mal à la vaccination polyvalente que nous réalisons aisément avec des virus-vaccins.

La vaccination par les toxines nous paraît donc devoir être réservée, jusqu'à plus ample informé, à la seule prophylaxie des enzooties des charbons parasymptomatiques qui s'observent en diverses régions et dont l'agent spécifique se prête irrégulièrement à l'atténuation.

(¹) 78 animaux non protégés sur 4500 vaccinés; 14 pour 100 des traités non immunisés en une autre observation.

ÉLECTROMÉCANIQUE. — *Détermination, en fonction des conditions initiales, des oscillations libres des alternateurs fonctionnant en parallèle et entraînés individuellement par des moteurs à régulation théorique instantanée et bloquée aussitôt. Application aux moteurs synchrones.* Note [1] de M. A. **Blondel**.

Dans deux Notes antérieures [2], j'ai exposé le calcul des oscillations libres des alternateurs accouplés en parallèle sur un réseau à tension constante, et les conditions de stabilité de leur marche synchronique. En tenant compte des phénomènes complexes de la réaction d'induit sur les inducteurs et sur les circuits amortisseurs, du compoundage et des variations cinétiques de tension des excitatrices, on a montré que les oscillations de très petite amplitude se traduisent par une équation différentielle linéaire du quatrième degré. Celle-ci peut s'abaisser au troisième degré, ou même au second degré, suivant les simplifications admises dans certains cas.

Je me propose, dans ce qui suit, de déterminer la solution du régime oscillatoire libre [3] dans le cas général en fonction des conditions initiales, et en supposant, pour simplifier, que le régulateur du moteur mécanique qui entraîne chaque alternateur prend, lorsque se produit un déséquilibre brusque de la charge, instantanément et sans oscillations, une position correspondant au régime final (ce serait par exemple le cas d'un régulateur poussé à la main). On se limitera au cas d'un groupe électrogène déréglé pour son propre compte par rapport à un réseau de grande puissance [4].

Dans le cas le plus général (équation caractéristique du quatrième degré), l'oscillation des écarts résulte de la superposition de deux oscillations apériodiques et d'une oscillation périodique. Pour que le régime soit stable, toutes ces oscillations composantes doivent être amorties; c'est ce qu'on supposera dans ce qui suit.

L'écart angulaire θ autour d'un mobile animé de la vitesse moyenne

(1) Contenue dans un pli cacheté reçu dans la séance du 26 avril 1920, enregistré sous le n° 8756 et ouvert dans la séance du 22 janvier 1923.

(2) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 439 et 587.

(3) *Loc. cit.*, p. 587.

(4) Le cas où l'on n'a affaire qu'à deux alternateurs seulement accouplés en parallèle sur un réseau à *tension constante* se ramène à celui-là, en remarquant que pendant les oscillations de vitesse la charge se balancera entre les deux alternateurs exactement comme si chacun d'eux était couplé seul sur un réseau de puissance infinie.

pourra se représenter graphiquement, en fonction du temps porté en abscisses, par la superposition de trois courbes, deux exponentielles amorties et une oscillation amortie; partant d'une valeur θ_0 à l'instant $t = 0$ de la variation brusque de charge, il tendra vers zéro en décrivant une courbe résultante représentée algébriquement par l'équation suivante, où x_1, x_2, x_3, x_4 sont les quatre racines de l'équation caractéristique

$$(1) \qquad \theta = \Theta_1 e^{x_1 t} + \Theta_2 e^{x_2 t} + \Theta_3 e^{x_3 t} + \Theta_4 e^{x_4 t}.$$

Pour obtenir les quatre constantes d'intégration Θ_1, Θ_2, Θ_3, Θ_4, il faut établir quatre équations entre les valeurs de θ_0 et de ses trois premières dérivées déterminées, pour le régime initial, par les conditions physiques du problème, en tenant compte de la construction de l'alternateur, et des réactions de l'induit sur les inducteurs.

On remarquera tout d'abord que l'écart angulaire initial θ_0 peut être considéré comme une donnée, une fois que l'on a déterminé, par un calcul préalable de la machine ou par l'expérience, les variations de puissance en fonction des variations d'écart; on se donne ici la différence entre la puissance initiale et la puissance finale à fournir par l'alternateur et l'on en déduit inversement l'écart angulaire du régime initial par rapport au régime final [1].

La dérivée première θ'_0 qui est la vitesse d'oscillation angulaire à l'instant $t = 0$ est évidemment nulle par raison de continuité, ainsi que les dérivées des courants de l'induit I_d et I_t.

On ne peut calculer les dérivées seconde et troisième au début de l'oscillation qu'en tenant compte des valeurs que prennent à ce moment les courants induits dans les deux circuits *d'inducteurs* définis antérieurement.

Dans le cas ordinaire, le circuit *amortisseur* (mt) n'ayant pas d'excitation séparée n'est parcouru par aucun courant au moment où commence l'oscillation; et la dérivée de ce courant au temps $t = 0$ est nulle par raison de continuité. Il en est de même pour le circuit inducteur *excitateur* (md) quand l'alternateur n'est pas muni d'une excitatrice compoundeuse; au contraire, dans le cas de compoundage, le courant excitateur I_{md}, influencé par la réaction sur l'excitatrice, prendra une valeur qui dépend de la charge; il y a donc entre la valeur initiale et la valeur finale du courant d'excitation une différence qui se fait sentir au début de l'oscillation.

---

(1) On désigne par ζ l'angle d'écart de la tension U par rapport à l'axe direct ou axe des pôles. Par conséquent en désignant par ζ_1 l'écart final correspondant à la puissance finale, l'angle θ est égal à $\zeta - \zeta_1$; et θ_0 est égal à $\zeta_0 - \zeta$. Dans la notation de mes précédentes Notes, on a aussi $\theta = \mathcal{Ab}(\zeta)$.

Posons les simplifications d'écriture suivantes :

$$(2)\quad \begin{cases} \mathcal{M}(\mathrm{I}) = i\, \dfrac{d}{dt}\mathcal{M}(\mathrm{I}) = i', \quad \dfrac{d\theta}{dt} = \theta', \quad \dfrac{d^2\theta}{dt^2} = \theta'', \quad \dfrac{d}{dt}\Pi = \Pi', \\ \dfrac{d}{dt}\mathrm{V} = \mathrm{V}', \quad \xi = \dfrac{h}{\omega^2 q}\mathrm{E}^2. \end{cases}$$

L'équation (2 *bis*) de ma Note antérieure [1] et sa dérivée s'écrivent alors, pour les oscillations libres,

$$(3)\quad \mathrm{K}'\theta'' - \xi\theta' + \Pi\theta + \mathrm{V}_d i_d + \mathrm{V}_t i_t = 0;$$

$$(4)\quad \mathrm{K}'\theta''' - \xi\theta'' + \Pi\theta' + \mathrm{V}_d i'_d + \mathrm{V}_t i'_t + \theta\Pi' + i_d \mathrm{V}'_d + i_t \mathrm{V}'_t = 0.$$

Les équations (8) et (9) de la même Note donnent, après avoir subi l'opérateur $\mathcal{M}$, les équations aux petites variations :

$$(5)\quad \mathrm{R}_{md}\, i_{md} + \mathrm{L}_{md}\, i'_{md} + \mathrm{M}_d i'_d = \frac{\mathrm{E}_{md}}{\omega}\theta' - \mathrm{B}_d i_d;$$

$$(6)\quad \mathrm{R}_{mt}\, i_{mt} + \mathrm{L}_{mt}\, i'_{mt} + \mathrm{M}_t i'_t = \frac{\mathrm{E}_{mt}}{\omega}\theta' - \mathrm{B}_t i_t.$$

De même, l'ancienne équation (14) et sa symétrique s'écrivent, en négligeant les termes en r (toujours petits) pour simplifier :

$$(7)\quad \omega \mathrm{L}_d i_d + \omega \mathrm{M}_d i_{md} = \mathrm{U}_d\theta + \frac{\mathrm{E}_t}{\omega}\theta';$$

$$(8)\quad \omega \mathrm{L}_t i_t + \omega \mathrm{M}_t i_{mt} = \mathrm{U}_t\theta - \frac{\mathrm{E}_d}{\omega}\theta'.$$

Ces dernières donnent encore, en les dérivant par rapport à t (en désignant par un indice les dérivées de E_t et E_d), les deux autres équations :

$$(9)\quad \omega \mathrm{L}_d i'_d + \omega \mathrm{M}_d i'_{md} = \mathrm{U}_d\theta' + \frac{\mathrm{E}_t}{\omega}\theta'' + \mathrm{U}_t\theta\theta' + \frac{\mathrm{E}'_t}{\omega}\theta';$$

$$(10)\quad \omega \mathrm{L}_t i'_t + \omega \mathrm{M}_t i'_{mt} = \mathrm{U}_t\theta' - \frac{\mathrm{E}_d}{\omega}\theta'' - \mathrm{U}_d\theta\theta' - \frac{\mathrm{E}'_d}{\omega}\theta'.$$

Pour le régime initial ($t = 0$), on a, d'après les explications données plus haut,

$$(11)\quad \theta = \theta_0, \quad \theta'_0 = 0, \quad \theta''_0 \neq 0; \quad (i_{mt})_0 = 0, \quad (i_{md})_0 \neq 0;$$

---

[1] *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 439.

et l'on trouve aisément (1) que

$$\Pi'_0 = 0, \qquad (V'_d)_0 = 0, \qquad (V'_t)_0 = 0.$$

Substituons dans les équations (3) à (10) et éliminons, tout d'abord, $(i_d)_0$ et $(i_t)_0$ entre les équations (3), (7) et (8). On en déduit :

$$(3\ bis) \qquad K'\theta''_0 + \left[\Pi + \frac{V_d U_d}{\omega h_d} + \frac{V_t U_t}{\omega h_t}\right]\theta_0 - V_d \frac{M_d}{h_d}(i_{md})_0 = 0.$$

La parenthèse n'est autre chose que le couple élastique C_e. L'élimination de $(i_d)_0$, $(i_t)_0$, $(i'_d)_0$, $(i'_t)_0$, $(i'_{md})_0$, $(i'_{mt})_0$ entre les équations (4) à (10) donne ensuite, tous calculs faits (les nouveaux symboles ayant mêmes significations que dans nos précédentes Notes),

$$(4\ bis) \quad K'\theta'''_0 + \left[\frac{V_d}{\sigma_d \omega L_d}\frac{E_t}{\omega} - \frac{V_t}{\sigma_t \omega L_t}\frac{E_d}{\omega} - \xi\right]\theta''_0 + \left[\frac{V_d U_d}{\sigma_d \omega L_d} k_d m_d + \frac{V_t U_t}{\sigma_t \omega L_t} k_t m_t\right]\theta_0 + \frac{V_d}{\sigma_d \omega L_d} k'_d m_d (i_{md})_0 = 0.$$

Dans les alternateurs ordinaires, k_t est toujours nul, car il n'y a pas de compoundage dans le circuit d'excitation transversal; il n'a été introduit ici que par raison de symétrie.

Supposons donnés θ_0 et $(i_{md})_0$. On calculera θ''_0 et θ'''_0 par (3 *bis*) et (4 *bis*); on voit que le courant compoundé i_{md} intervient dans la valeur de ces deux données initiales.

D'autre part, de l'équation (1) et de ses trois premières dérivées, on déduit le Tableau suivant, écrit, pour le régime initial ($t = 0$) :

$$(12) \qquad \left\{\begin{aligned} \theta_0 &= \Theta_1 + \Theta_2 + \Theta_3 + \Theta_4, \\ \theta'_0 &= x_1\Theta_1 + x_2\Theta_2 + x_3\Theta_3 + x_4\Theta_4, \\ \theta''_0 &= x_1^2\Theta_1 + x_2^2\Theta_2 + x_3^2\Theta_3 + x_4^2\Theta_4, \\ \theta'''_0 &= x_1^3\Theta_1 + x_2^3\Theta_2 + x_3^3\Theta_3 + x_4^3\Theta_4, \end{aligned}\right.$$

ce qui détermine les cofficients Θ. La solution peut être obtenue, par exemple, sous forme de déterminants.

Supposons que l'oscillation périodique amortie soit représentée par les deux derniers termes de (1). On passe ensuite de la forme exponentielle de

(1) Dans l'hypothèse que les variations de courant ne sont pas brutales, mais continues. Ces expressions se vérifient en développant Π', V' et en faisant $(I'_t) = 0$ et $(I'_d) = 0$.

ces termes où $x_3 = -\alpha + j\beta$ et $x_4 = -\alpha - j\beta$ à la forme habituelle suivante :

$$(13) \qquad A_e^{-\alpha t}\cos(\beta t - \varphi)$$

par les relations de transformation, faciles à établir :

$$(14) \qquad \begin{cases} A = \sqrt{2(\Theta_3^2 + \Theta_4^2)}, \\ \operatorname{tang}\varphi = \dfrac{\Theta_3 - \Theta_4}{\Theta_3 + \Theta_4}. \end{cases}$$

Le problème posé est ainsi entièrement résolu et la solution numérique peut être obtenue.

Dans le cas d'un alternateur non compoundé, les équations (3 *bis*) et (4 *bis*) se simplifient notablement, par le fait qu'on a

$$k_d = 0 \qquad \text{et} \qquad (i_{md})_0 = 0;$$

elles se réduisent ainsi aux deux suivantes (3 *ter*) et (4 *ter*) :

$$(3\ ter) \qquad \theta_0'' = -\frac{C_e\theta_0}{K'},$$

équation qui était évidente, *a priori*, puisqu'elle exprime l'égalité, au signe près, entre le couple d'inertie et le couple élastique ; et

$$(4\ ter) \qquad \theta_0''' = \frac{C_e\theta_0}{K'^2}\left[\frac{V_d}{\sigma_d\omega L_d}\frac{E_t}{\omega} - \frac{V_t}{\sigma_t\omega L_t}\frac{E_d}{\omega} - \xi\right].$$

On voit que les courants dans les inducteurs n'interviennent plus alors que dans la détermination de θ_0''' par les facteurs $\sigma_t L_t$ et $\sigma_d L_d$.

Remarques. — 1° La solution du problème qu'on vient de traiter s'étend immédiatement aux oscillations d'un moteur synchrone actionnant un organe dont le couple résistant subit une variation brusque. Les équations générales sont, en effet, applicables par simple changement du signe des courants I_d et I_t et des puissances P et Π. Le régime initial $(I_t)_0$ et $(I_d)_0$ est déterminé par la puissance résultante et par les conditions d'alimentation du moteur; de même le décalage initial ζ_0 et le décalage final ζ correspondent aux charges initiale et finale ; θ_0 est la différence $(\zeta - \zeta_0)$.

2° On peut exprimer la condition d'apériodicité complète des oscillations au moyen du discriminant de l'équation caractéristique du quatrième degré (équation donnée dans ma précédente Note), discriminant dont

l'expression est bien connue en fonction des coefficients de cette équation [1]. En général, il y a deux racines imaginaires si le discriminant est positif. On a vu, d'autre part, par les conditions physiques du problème, qu'il y a toujours forcément deux racines réelles correspondant à l'effet des courants induits dans les inducteurs; pour qu'il n'y ait aucune racine imaginaire, il suffit donc que le discriminant soit positif.

On a vu antérieurement la condition à remplir pour qu'aucune des quatre racines réelles ne soit positive et ne puisse donner lieu, par conséquent, à une oscillation divergente.

SPECTROSCOPIE. — *Observations sur la structure du spectre du chrome.* Note de M. **A. de Gramont.**

Dans une Note présentée à la séance du 27 novembre dernier [2] confirmant et complétant une Communication antérieure [3], j'ai fait connaître que les raies ultimes de l'étincelle et de l'arc appartiennent à *des séries principales dont elles forment les premiers termes*, et j'ai donné des tableaux numériques à l'appui. Bien que la structure du spectre du chrome fût encore inconnue, et me fondant sur l'analogie étroite entre ce spectre et celui du manganèse, j'ai indiqué que les deux triplets de raies ultimes du chrome, l'un indigo {4289,72; 4274,80; 4254,34} correspondant à l'atome neutre, et l'autre ultraviolet {3605,33; 3593,48; 3578,68} correspondant à l'atome ionisé (+) appartiendraient à des séries principales. Cette prévision a été réalisée par une intéressante Note de M. M. Catalan, qui, dans

(1) Étant données la complication de l'expression du discriminant et celle des coefficients de l'équation caractéristique, il paraît sans intérêt de donner ici le développement des calculs. L'objet de la remarque qu'on vient de faire est seulement de montrer que *l'on ne peut pas appliquer* aux oscillations des alternateurs la condition d'amortissement critique usuelle applicable aux oscillations périodiques simples, et que la question est beaucoup plus complexe.

On peut cependant simplifier le problème dans les applications numériques en séparant les racines x_1, x_2, x_3, x_4 (par la méthode de Newton, par exemple) et en divisant ensuite l'équation caractéristique par le produit $(x-x_1)(x-x_2)$; l'équation qui subsiste est alors une équation du second degré représentant l'oscillation périodique, et à laquelle on peut appliquer alors le calcul usuel du degré d'amortissement.

(2) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 1025.

(3) *Comptes rendus*, t. 151, 1910, p. 30.

la séance du 8 janvier dernier [1], a fait connaître la structure très complexe du spectre d'arc du chrome qui renferme plusieurs systèmes de séries. Or les raies qui forment les premiers termes ($m = 1$) des deux séries principales sont bien les deux triplets de raies ultimes ci-dessus mentionnés que j'avais désignés à l'avance. Je me permets d'attirer l'attention sur ce fait à l'appui de mes conclusions : la connaissance des raies ultimes pourrait être utilisée avec avantage pour la recherche des séries, inconnues encore pour la majorité des éléments.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les figures polaires réciproques par rapport à une sphère.* Note de M. **C. Guichard**.

Congruence. — Soient G une droite qui décrit une congruence rapportée à ses développables; la droite G′ polaire réciproque de G se trouve dans le plan P mené par le centre O de la sphère perpendiculairement à G. Ce plan P enveloppe ce que j'ai appelé un *réseau point;* les tangentes de ce réseau sont les perpendiculaires menées par O aux plans focaux de G. La congruence G′ est harmonique à ce réseau point. Toute congruence harmonique à ce réseau point se transforme par polaire réciproque en une congruence parallèle à G et inversement.

En particulier, si la congruence G est O, le réseau point sera un réseau O; la congruence G′ sera une congruence C; donc

Toute congruence O *se transforme en une congruence* C.

Réseaux. — Soit M un point qui décrit un réseau; par le point O je mène une droite Δ perpendiculaire au plan tangent au réseau M; cette droite Δ décrit une *congruence point* orthogonale au réseau M; le pôle N du plan tangent à M se trouve sur Δ; ce point N décrit un réseau conjugué à Δ. Tous les réseaux parallèles à M se transforment en réseaux conjugués à Δ et inversement.

En particulier, si le réseau M est O, la congruence Δ sera une congruence O; le réseau N sera O ou 2O; il ne peut être O que si M décrit une sphère concentrique à la sphère choisie; en laissant de côté ces réseaux particuliers on peut dire :

Tout réseau O *se transforme en un réseau* 2O.

Systèmes triplement indéterminés. — *Systèmes points.* — Soit M un point qui décrit un système triplement indéterminé; par l'origine O, centre de la

(1) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 84.

sphère, je mène les droites $O\delta_1$, $O\delta_2$, $O\delta_3$ perpendiculaires aux plans focaux de M; ces droites sont les tangentes d'un système point *réduit à l'origine*, orthogonal au réseau M. Cela posé, le plan polaire P du point M décrit un système plan dont les points focaux sont situés sur les droites $O\delta_1$, $O\delta_2$, $O\delta_3$. Ce système plan est donc *assemblé* au système point réduit à l'origine. Tout système plan assemblé à ce système point admet pour polaire réciproque un système point parallèle à M et inversement.

En particulier, si le système M est O, il en est de même du système point réduit à l'origine; le plan P engendre un système Ω, donc

Tout système point O *se transforme en un système plan* Ω.

Systèmes droites. — Soit D une droite qui décrit un système triplement indéterminé. Par le point O je mène les droites $O\delta_1$, $O\delta_2$, $O\delta_3$, perpendiculaires aux plans focaux de D. Ces trois droites sont situées dans un même plan P orthogonal à D; ce plan P engendre un système plan *réduit à l'origine* ayant pour droites focales les trois droites $O\delta_1$, $O\delta_2$, $O\delta_3$.

La polaire réciproque Δ de D est située dans le plan P, ses points focaux sont sur les droites $O\delta_1$, $O\delta_2$, $O\delta_3$. Le système Δ est donc assemblé au système plan réduit à l'origine.

En particulier, si le système D est 3I, le système plan orthogonal est Ω et par suite Δ décrit un système C, donc

Tout système 3I *se transforme en un système* C.

Systèmes plans. — Soient P un plan qui engendre un système, Δ la droite menée par l'origine perpendiculairement au plan P; cette droite Δ décrit un système droite *réduit à l'origine*. En raisonnant, comme dans les cas précédents, on voit que le système point qui correspond à P est assemblé à Δ.

Applications. — Les remarques bien simples qui précèdent permettent de résoudre facilement un très grand nombre de problèmes sur les figures polaires réciproques. J'indique les exemples suivants :

1° *Trouver les congruences de normales qui se transforment en congruences de normales.*

Soient G et G′ deux congruences O polaires réciproques; puisqu'une congruence O se transforme en une congruence C les congruences G et G′ doivent être à la fois O et C. On est donc ramené à la recherche des surfaces à courbure totale constante. Les congruences cherchées sont des congruences que j'ai rencontrées à plusieurs reprises, elles possèdent cette propriété caractéristique. *Les droites qui joignent l'origine aux centres de courbure sont rectangulaires.*

2° *Trouver deux surfaces polaires réciproques telles qu'à une famille de géodésiques de la première corresponde sur la seconde une famille de lignes de courbure.*

Soient G et M les points qui se correspondent sur la première et la seconde surface, j'adjoins aux courbes mises en évidence sur ces surfaces leurs trajectoires conjuguées; je forme ainsi deux réseaux (G) et (M); je suppose que les familles considérées sur les deux surfaces soient les premières courbes ($V = C^{\omega}$) de ces réseaux. La première tangente du réseau G est une congruence O; elle admet pour polaire réciproque la seconde tangente du réseau M; cette seconde tangente doit donc décrire une congruence C. Ainsi le réseau M est un réseau O dont une congruence focale est C. On est donc ramené à un problème connu. Ce problème est du troisième ordre, mais on en connaît des solutions particulières qui ne dépendent que d'une fonction arbitraire. On pourra obtenir les surfaces correspondantes sous forme finie. On peut remarquer que le réseau G étant polaire réciproque du réseau M est un réseau 2O.

3° *Trouver les systèmes triple* 3I *qui se transforment en un système* 3I.

Soient G et G′ deux droites polaires réciproques qui décrivent des systèmes triple 3I. Comme un système 3I se transforme en un système C, les systèmes G et G′ sont à la fois 3I et C. En partant de pareils systèmes on arrive facilement à la solution du problème posé.

Ces systèmes 3I, C se rattachent à des systèmes triple-orthogonaux que j'ai étudiés dans mon Mémoire « Sur les systèmes triplement indéterminés et sur les systèmes triple-orthogonaux » (*Collection Scientia*, Chap. IX).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la chaleur d'oxydation des métaux alcalino-terreux.* Note de MM. A. Guntz et Benoit.

Dans la bibliographie, on trouve pour la chaleur d'oxydation du calcium des nombres fort peu concordants : c'est ainsi que Thomsen donne $+ 135^{cal}$, Moissan $+ 145^{cal}$, Guntz et Bassett $+ 151^{cal},9$, Muthmann et Metzger $+ 160^{cal},2$, Copaux et Philipps $+ 158^{cal},7$.

Pour choisir entre ces différentes valeurs, nous avons, M. Benoit et moi, cru nécessaire de répéter avec le plus grand soin nos anciennes mesures.

Nous avons trouvé pour la chaleur de dissolution du calcium pur (Ca pour 100, 99,6) dans l'acide chlorhydrique étendu le nombre $129^{cal},8$, qui permet de calculer la chaleur d'oxydation cherchée :

$$\text{Ca sol.} + \text{O gaz} = \text{CaO sol.} + 152^{cal},7.$$

Ce résultat confirme nos anciennes expériences. Dans un Mémoire détaillé nous indiquerons les causes des résultats discordants cités plus haut.

Ayant eu l'occasion de préparer de grandes quantités de strontium et de baryum purs, nous avons repris également nos anciennes déterminations calorimétriques faites sur des métaux assez impurs.

Nous avons dissous du strontium pur (Sr pour 100, 99,80) dans de l'acide chlorhydrique étendu en tenant compte de la chaleur spécifique de cette dissolution; nous avons trouvé ainsi

$$\text{Sr sol.} + 2\,\text{HCl étendu} = \text{SrCl}^2 \text{ solution étendue} + \text{H}^2 \text{ sec} + 130^{\text{cal}},2,$$

130,2 étant la moyenne de trois déterminations concordantes.

En tenant compte de la chaleur de dissolution de SrO dans HCl étendu, mesurée par M. de Forcrand, on en déduit pour la chaleur d'oxydation du strontium :

$$\text{Sr sol.} + \text{O gaz} = \text{SrO sol.} + 141^{\text{cal}},8.$$

M. Roederer et moi avions trouvé autrefois $+ 141^{\text{cal}},2$.

Pour le baryum, les nombres ont été les suivants :

$$\text{Ba sol.} + 2\,\text{HCl étendu} = \text{BaCl}^2 \text{ solution étendue} + \text{H}^2 \text{ sec} + 128,46.$$

En tenant compte de la chaleur de dissolution de BaO dans HCl, on calcule que

$$\text{Ba sol.} + \text{O gaz} = \text{BaO sol.} + 134^{\text{cal}},04.$$

Le baryum était pur : les analyses ont donné Ba 99,77 pour 100. Nous avions trouvé autrefois, avec un métal contenant 3 pour 100 d'impuretés, pour la réaction de Ba sur HCl solution étendue $+ 120^{\text{cal}},28$. Si cependant nos nouvelles expériences donnent sensiblement la même chaleur d'oxydation du baryum, cela tient à une compensation produite par l'adoption, pour la dissolution de la baryte anhydre dans l'acide chlorhydrique étendu, du nombre de M. de Forcrand.

En résumé, nous proposons d'admettre comme chaleur d'oxydation des métaux alcalino-terreux les nombres suivants :

$$\text{Ca} + \text{O} + 152^{\text{cal}},7, \qquad \text{Sr} + \text{O} + 141^{\text{cal}},80, \qquad \text{Ba} + \text{O} + 134^{\text{cal}},04.$$

On voit que ces nombres décroissent régulièrement avec l'augmentation du poids atomique.

GÉOLOGIE. — *Observations nouvelles sur la géologie de la Hague (Manche).* Note de M. A. Bigot et de Mme E. Jérémine.

L'étude détaillée de la région côtière de la Hague et des quelques affleurements et carrières de l'intérieur du pays nous a conduits à admettre que ni le Cambrien, ni le Silurien ne reposent sur leur substratum originel, formé par des roches éruptives ou par des gneiss et des schistes précambriens. Le contact des deux formations se fait toujours par une zone extrêmement broyée, dans laquelle on peut reconnaître les éléments des deux formations. Les surfaces de contact sont inclinées. Le broyage de la zone est certainement le résultat du déplacement réciproque des deux formations, mais il n'est pas possible d'évaluer l'importance du chevauchement, qui nous paraît dépendre plutôt d'une structure imbriquée de faible ampleur. Le parallélisme des deux masses déplacées ne permet pas non plus de déterminer le sens du mouvement.

Dans ces régions où le Cambrien et le Silurien sont en superposition anormale sur leur substratum, ils ne sont jamais traversés par les roches granitiques et ne présentent aucun phénomène de métamorphisme de contact. Toutefois, entre le sémaphore de Goury et le Diotret, les rochers littoraux montrent une alternance répétée de couches de grès et de bandes de granite, indiquant une digestion incomplète des grès. Ces grès ont été considérés jusqu'ici comme des grès cambriens métamorphiques, mais leur âge ne peut pas être établi avec certitude parce que tout cet ensemble, entre le sémaphore et le Diotret, est limité des deux côtés par une zone broyée.

Des conclusions nouvelles et intéressantes résultent aussi de notre étude des galets des conglomérats de la base du Cambrien. Ces galets sont composés de granites francs, de granites écrasés, de roches microgrenues avec sphérolites à étoilements micropegmatiques, de rhyolites et d'obsidiennes rhyolitiques, peut-être accompagnées de tufs.

Les roches microgrenues à étoilements sont caractéristiques des nombreux filons qui traversent les gneiss de la région. D'autre part les rhyolites des galets ressemblent à celles de Jersey (îles Anglo-Normandes). Leurs coulées ne sont pas conservées dans la région de la Hague, mais les nombreux filons de roches sphérolitiques qui coupent les gneiss et les granites à grands cristaux d'orthose correspondent vraisemblablement aux fissures de sortie de ces roches rhyolitiques.

Ainsi l'existence de roches à sphérolites et de rhyolites parmi les galets de la base du Cambrien paraît confirmer une fois de plus l'âge précambrien des rhyolites anciennes de Jersey. Elle établit l'âge précambrien des gneiss et du granite à grands cristaux d'orthose traversés par les filons rhyolitiques de la région de la Hague. La détermination de l'âge précambrien de ce granite est un fait nouveau, car on le rapprochait jusqu'ici du granite de Flamanville, métamorphisant le Dévonien.

D'autres résultats de cette étude doivent être signalés. Dans la partie orientale de l'Anse Saint-Martin commence un massif de granite à grands cristaux d'orthose. Ce granite contient des enclaves riches en amphibole. Il présente sur le rivage environ 1^{km} de longueur et s'étend sur plusieurs kilomètres dans l'intérieur du pays. L'abondance des enclaves est telle que par places la roche en est en grande partie composée, et qu'elles ne sont plus séparées les unes des autres que par de minces bandes de granite. Ces enclaves ont une composition de diorites ou de diorites quartziques à biotite, très riches en amphibole. Elles sont alignées, mais la direction de l'alignement n'est pas constante. Le granite à grands cristaux d'orthose qui les englobe contient aussi un peu d'amphibole.

La disposition des enclaves et leur composition minéralogique font songer à celles décrites par M. Lacroix dans les Pyrénées (¹), comme phénomènes de métamorphisme de contact. Mais comme nous n'avons pas trouvé de contact avec les calcaires, il nous paraît prudent de supposer que ces enclaves pourraient être des ségrégations magmatiques, d'autant plus que ce massif granitique à enclaves est souvent coupé par des filons de même composition que les enclaves elles-mêmes.

Jusqu'ici on n'avait pas signalé de calcaires dans la région. Nous avons trouvé cette année, entre Eculleville et Nacqueville, intercalés dans la série précambrienne, de grandes lentilles et des bandes calcaires, ainsi que des schistes calcareux, chloriteux et sériciteux. Ces roches offrent des traces assez nettes de recristallisation et souvent aussi d'écrasement.

M. le **Secrétaire perpétuel** présente à l'Académie le Tome 8 de la première partie des *Bref och skrifvelser af och till* **Carl von Linné**, publiés par l'Université d'Uppsala.

(¹) *Bull. Serv. Carte géol. France*, t. 10. 1889-1890.

Sir **J. J. Thomson**, par l'organe de M. G. Urbain, fait hommage à l'Académie, de la traduction, par MM. Fric et Corvisy, de la deuxième édition de son ouvrage : *Les rayons d'électricité positive et leur application aux analyses chimiques.*

M. **A. Balland** fait hommage à l'Académie d'un fascicule qu'il vient de publier sous le titre : *Les aliments de France et des Colonies; composition chimique, valeur alimentaire, tables d'analyses.*

ÉLECTIONS.

Par 42 suffrages, contre 2 à M. *Charles Jacob* et 2 à M. *Fernand de Montessus de Ballore*, M. **Philippe Glangeaud** est élu Correspondant pour la Section de Minéralogie, en remplacement de M. *Otto Lehmann*, décédé.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de deux candidats à la place de Membre titulaire vacante au Bureau des Longitudes par le décès de M. *Louis Favé*, M. **Eugène Fichot** est désigné pour la première ligne par 29 suffrages contre 22 à M. *Ludovic Driencourt*. Il y a 2 bulletins blancs.

Pour la seconde ligne, M. **Ludovic Driencourt** est désigné par 34 suffrages contre 7 à M. *Perrin*. Il y a 2 bulletins blancs.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Instruction publique comprendra :

En première ligne . . . . . . M. **Eugène Fichot**
En seconde ligne . . . . M. **Ludovic Driencourt**

PLIS CACHETÉS.

MM. **R. Basset, A. Blondel, E. Gau** demandent l'ouverture, le premier du pli cacheté n° 7209 accepté le 6 mai 1907; le deuxième du pli cacheté

n° 8756 accepté le 26 avril 1920; le troisième du pli cacheté n° 8917 accepté le 26 septembre 1921.

Ces plis, ouverts en séance par M. le Président, contiennent :

Le n° 7209, une Note intitulée : *Radio-télautographe;*

(Renvoyée à M. Paul Janet.)

Le n° 8756, deux Notes relatives, l'une à la détermination des constantes d'intégration des oscillations libres (¹), l'autre au fonctionnement des alternateurs accouplés avec des turbines réglées par servo-moteur;

(Réservées pour être insérées dans les *Comptes rendus.*)

Le n° 8917, une *Note sur la méthode de Darboux pour l'intégration des équations aux dérivées partielles du second ordre à deux variables indépendantes.*

(Renvoyée à M. E. Goursat.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

A. Leduc. *Volumes moléculaires; applications.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les moyennes doubles de Cesàro.* Note de M. **Erwand Kogbetliantz**, présentée par M. Appell.

Dans une de mes Notes, il y a plus de trois ans (²), j'ai considéré les doubles moyennes typiques qu'on obtient en appliquant le procédé de sommation de M. Riesz d'ordre γ non à la suite des sommes partielles s_0, $s_1, \ldots, s_n, \ldots$, mais à la suite de leurs moyennes typiques d'ordre δ. Dans cette Note, j'ai établi l'équivalence complète de ce procédé $(R, \lambda, \delta)(R, \lambda, \gamma)$ de double sommation avec le procédé ordinaire de M. Riesz $(R, \lambda, \delta+\gamma)$,

(¹) Voir page 211.

(²) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 1090.

de même type λ et d'ordre $\delta+\gamma$ à l'aide du développement de la double moyenne d'ordres γ, δ, suivant les moyennes simples d'ordres

$$\delta+\gamma+n \qquad (n=0, 1, 2, \ldots, \infty)$$

et à l'aide du développement inverse de la moyenne simple d'ordre $\delta+\gamma$ suivant les moyennes doubles d'ordres $n+\gamma$, δ ($n=0, 1, 2, \ldots, \infty$).

Dans la présente Note, on trouvera les développements analogues des moyennes arithmétiques de Cesàro. Ces développements nous permettent d'établir en toute rigueur le théorème suivant :

La série divergente sommable $(C, \delta+\gamma)$, *où* $\delta>0$ *et* $\gamma>0$, *est aussi sommable avec la même somme par l'application du procédé* (C, δ) *aux moyennes arithmétiques d'ordre* γ [*ou du procédé* (C, γ) *aux moyennes d'ordre* δ] et vice versa : *la série sommable par la double application du porcédé Cesàro d'ordre* $\delta>0$ *et puis d'ordre* $\gamma>0$ *est aussi sommable* $(C, \delta+\gamma)$ *avec la même somme.*

En exprimant l'équivalence de deux procédés de sommation au point de vue de sommabilité des séries divergentes par le signe $\sim$, nous avons donc à démontrer qu'on a pour $\delta>0$ et $\gamma>0$,

$$\text{(I)} \qquad (C, \delta)(C, \gamma) \sim (C, \delta+\gamma) \sim (C, \gamma)(C, \delta) \qquad (\delta>0, \gamma>0).$$

En comparant (I) avec la propriété correspondante des moyennes typiques de M. Riesz,

$$\text{(II)} \qquad (R, \lambda, \delta)(R, \lambda, \gamma) \sim (R, \lambda, \delta+\gamma) \sim (R, \lambda, \gamma)(R, \lambda, \delta) \qquad (\delta>0, \gamma>0),$$

établie en 1919 [1], on voit la nécessité d'une démonstration directe de (I) quoique pour $\lambda_n \equiv n$ on a $(R, n, \delta) \sim (C, \delta)$. En effet, en posant $\lambda_n \equiv n$, on ne peut déduire de (II) que

$$(C, \delta+\gamma) \sim (R, n, \delta)(C, \gamma) \quad \text{ou} \quad (C, \delta+\gamma) \sim (R, n, \gamma)(C, \delta),$$

mais en aucun cas (I), puisqu'on ne savait pas jusqu'à maintenant si l'équivalence $(R, n, \delta)(R, n, \gamma) \sim (C, \delta)(C, \gamma)$ avait lieu ou non. Ce n'est qu'en combinant (I) et (II) qu'on peut maintenant en déduire le corollaire en question :

$$(R, n, \delta)(R, n, \gamma) \sim (R, n, \delta+\gamma) \sim (C, \delta+\gamma) \sim (C, \delta)(C, \gamma).$$

Le théorème (I) permet d'établir le théorème d'équivalence de deux définitions (de Hölder et de Cesàro) de la moyenne arithmétique d'un

---

(1) *Loc. cit.*

ordre entier $k = E(k)$ en deux mots. La méthode de Hölder, (H, k), n'est que $(C, 1)^k$ par définition. Supposons établie l'équivalence

$$(C, 1)^m \sim (C, m)$$

de deux méthodes pour $k = m$ et posons dans (I) $\gamma = m$ et $\delta = 1$. On a

$$(H, m+1) \equiv (C, 1)^{m+1} \equiv (C, 1)(C, 1)^m \sim (C, 1)(C, m) \sim (C, m+1)$$

et *vice versa*. Or, on a $(C, 1) \sim (H, 1)$, donc $(H, k) \sim (C, k)$ quel que soit l'entier k, ce qui prouve que (I) contient ce théorème d'équivalence comme un cas très particulier pour γ et δ entiers.

Pour démontrer (I), formons les fonctions génératrices

$$S(z) = \sum_{n=0}^{\infty} s_n z^n, \qquad S^{(\delta)}(z) = \sum_{n=0}^{\infty} s_n^{(\delta)} z^n \qquad \text{et} \qquad \overline{S}^{(\gamma,\delta)}(z) = \sum_{n=0}^{\infty} S_n^{(\gamma,\delta)} z^n$$

des sommes partielles, s_n, des moyennes simples d'ordre δ, $s_n^{(\delta)}$, et des moyennes doubles, $S_n^{(\gamma,\delta)}$, d'ordres γ, δ.

L'opération D^ρ de la dérivation à indice quelconque ρ, définie par

$$\Gamma(-\rho)\, D^\rho f(z) = \int_0^z f(\alpha)(z-\alpha)^{-\rho-1}\, d\alpha \qquad (\rho < 0),$$

appliquée pour $\rho = -\delta$ à la fonction $(1-z)^{-\delta} S(z)$, nous donne la relation

$$S^{(\delta)}(z) = \delta z^{-\delta} \int_0^z (1-\alpha)^{-\delta} S(\alpha)(z-\alpha)^{\delta-1}\, d\alpha \qquad (\delta > 0),$$

d'où la conclusion

$$\overline{S}^{(\gamma,\delta)}(z) = \gamma\delta z^{-\gamma} \int_0^z \frac{S(\beta)\, d\beta}{(1-\beta)^\delta} \int_\beta^z \frac{(z-\alpha)^{\gamma-1}(\alpha-\beta)^{\delta-1}}{\alpha^\delta (1-\alpha)^\gamma}\, d\alpha$$

et le développement cherché de la double moyenne $S_N^{(\gamma,\delta)}$

$$(1) \quad S_N^{(\gamma,\delta)} = \gamma\delta \sum_{n=0}^{N} \frac{F(\delta, \gamma, N+\delta+\gamma+1, 1)}{F(\delta, \gamma, n+\delta+\gamma+1, 1)} \frac{s_{N-n}^{(\delta+\gamma+n)}}{(n+\delta)(n+\gamma)} \qquad (\delta > 0, \gamma > 0),$$

suivant les moyennes simples d'ordres non inférieurs à $\delta + \gamma$, où F signifie la fonction hypergéométrique. La symétrie du second membre par rapport à γ et δ prouve que l'on a toujours $S_N^{(\gamma,\delta)} \equiv S_N^{(\delta,\gamma)}$, fait bien curieux en lui-même et nullement évident, *a priori*.

On conclut facilement de (1) : $\lim_{N=\infty} S_N^{(\gamma,\delta)} = c$, si la limite $\lim_{n=\infty} s_n^{(\gamma+\delta)} = c$

existe. De même la formule

$$S^{(\delta+\gamma)}(z)=\frac{\Gamma(\delta+\gamma+1)\,z^{-(\delta+\gamma)}}{\Gamma(\delta+1)\Gamma(\gamma)}(1-z)^{\delta}\int_0^z \frac{\alpha^{\delta}\,S^{(\delta)}(\alpha)\,(z-\alpha)^{\gamma-1}\,d\alpha}{(1-\alpha)^{\delta+\gamma}}$$
$$(\delta>-1,\ \gamma>0)$$

nous fournit pour $\delta\neq E(\delta)$ le développement inverse :

$$(2)\qquad s_N^{(\delta+\gamma)}=\frac{\Gamma(\delta+\gamma+1)}{\Gamma(\delta+1)\Gamma(-\delta)\Gamma(\gamma)}\sum_{n=0}^{\infty}\frac{\Gamma(n-\delta)}{\Gamma(n+1)}\,\frac{S_N^{(n+\gamma,\delta)}}{n+\gamma}\qquad(\delta>-1,\ \delta+\gamma>0),$$

qui permet facilement de démontrer que l'existence de la limite

$$\lim_{N=\infty} S_N^{(\gamma,\delta)}=c$$

entraîne la conclusion voulue

$$\lim_{n=\infty} s_n^{(\delta+\gamma)}=c,$$

ce qui achève la preuve du théorème (I).

Pour $\delta=E(\delta)$ la série (2) est remplacée par la somme d'un nombre fini de termes.

Il est intéressant d'observer que le développement (2) est exactement le même que celui pour les moyennes de M. Riesz. Il est très probable que le théorème (I) a lieu aussi quand δ ou γ ou tous les deux sont négatifs et supérieurs à -1, et il serait très intéressant de lever les restrictions $\delta>0$ et $\gamma>0$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les fonctions continues et leurs dérivées.* Note de M. S. Stoïlow, présentée par M. Henri Lebesgue.

La fonction continue $f(x)$ étant définie dans l'intervalle de 0 à 1, considérons les ensembles (e_{y_0}) formés des points dont les abscisses sont comprises entre 0 et 1 et satisfont à l'équation

$$(e_{y_0})\qquad f(x)=y_0$$

ainsi que les ensembles dont les points sont assujettis à satisfaire à la double inégalité

$$(E_{y_1}^{y_2})\qquad y_1\leqq f(x)\leqq y_2,$$

les quantités y étant quelconques.

Il est clair que les ensembles $(E_{y_1}^{y_0})$ seront de mesure différente de zéro, tandis que, sauf pour un ensemble dénombrable de valeurs de y_0, les ensembles (e_{y_0}) sont de mesure nulle. Ceci étant, nous ferons correspondre à (o, 1) de la variable x, un intervalle (o, 1) d'une autre variable ξ de la façon suivante : à tous les points de (e_{y_0}) nous ferons correspondre le point $\xi = m(E_{\mu}^{y_0}) = 0$, où m désigne la mesure et μ le minimum de $f(x)$ dans (o, 1), et ce point seul si $m(e_{y_0}) = 0$; mais si $m(e_{y_0}) \neq 0$, on joindra à ce point tous ceux du segment l'ayant pour extrémité droite et de longueur $m(e_{y_0})$. On obtiendra ainsi un segment de longueur unité sur l'axe de la variable ξ, et une fonction $\varphi(\xi)$ définie sur ce segment de façon qu'elle prenne en un point ξ la même valeur que prend $f(x)$ sur l'ensemble correspondant; $\varphi(\xi)$ est une fonction jamais décroissante.

Soit S la somme des mesures de ceux des (e_{y_0}) dont la mesure est positive. On aura $S \leqq 1$ et $\varphi(\xi)$ sera constante en chaque point d'un ensemble ouvert formé d'intervalles et de mesure égale à S, complémentaire d'un ensemble parfait P sur lequel $\varphi(\xi)$ sera toujours croissante.

Cette fonction est dérivable, sauf peut-être sur un ensemble de mesure nulle faisant partie de P. D'autre part, il est aisé de se rendre compte que la somme de tous les ensembles de valeurs de x correspondant aux points d'un ensemble de mesure nulle de P est aussi de mesure nulle. Si l'on pose donc

$$f'_{[e_{f(x_0)}]} = \lim_{h=0} \frac{h}{m\left[E_{f(x_0)-h}^{f(x_0)+h}\right]},$$

on voit que cette limite existe pour des points x_0 de (o, 1) formant un ensemble de mesure au moins égale à $1 - S$.

Sauf le cas où $S = 1$, que nous écarterons ici, la limite $f'_{[e_{f(x_0)}]}$ existe donc toujours pour une infinité de points d'une fonction continue.

Supposons que $f(x)$ soit dérivable en x_0. On aura

$$f'(x_0) = \lim_{h=0} \left\{ \frac{h}{m\left[E_{f(x_0)-h}^{f(x_0)+h}\right]} : \frac{m\left[\sigma_{f(x_0)-h}^{f(x_0)+h}\right]}{m\left[E_{f(x_0)-h}^{f(x_0)+h}\right]} \right\},$$

en désignant par $\left[\sigma_{f(x_0)-h}^{f(x_0)+h}\right]$ le segment faisant partie de $\left[E_{f(x_0)-h}^{f(x_0)+h}\right]$ et contenant x_0. Il faut donc, dans ce cas, que

$$\frac{m\left[\sigma_{f(x_0)-h}^{f(x_0)+h}\right]}{m\left[E_{f(x_0)-h}^{f(x_0)+h}\right]}$$

tende vers une limite λ_{x_0}, et si la dérivée est finie, que λ_{x_0} soit différent de zéro.

Si donc l'on excepte les points de P où $f'_{[e_{f(x)}]}$ n'existe pas ou est nulle, qui forment un ensemble de mesure nulle, on voit que *la dérivée d'une fonction continue ne peut être nulle que tout au plus en un ensemble de points de mesure* S (¹).

On en conclut immédiatement que si la dérivée est nulle presque partout, la fonction est représentable presque partout par une série de la forme

$$\sum_{i=0}^{i=\infty} \alpha_i \rho_i(x),$$

où $\rho_i(x)$ représente la fonction égale à 1 sur un ensemble et à zéro sur l'ensemble complémentaire (²).

Dans le même ordre d'idées il serait facile de voir que si $f'(x_0)$ existe, λ_{x_0} doit exister, hors de l'ensemble d'exception de mesure S, et que, si $f'(x_0)$ est fini, $\lambda_{x_0} > 0$. Mais il est évident que les points de (e_{y_0}), pour lesquels $\lambda_{x_0} > 0$, ne peuvent former qu'un ensemble dénombrable. Si donc on prend un point x_0 hors de l'ensemble d'exception $(S < 1)$, l'équation

$$f(x) = f(x_0)$$

aura toujours un nombre fini ou infini dénombrable de solutions, si $f(x)$ est partout dérivable hors de l'ensemble d'exception (avec une dérivée finie).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'existence effective des fonctions représentables analytiquement de toute classe de Baire.* Note de M. C. **Kuratowski**, présentée par M. Henri Lebesgue.

Je définis une fonction $f(\alpha, x)$ dépendant d'un nombre transfini α, de la deuxième classe, et de la variable x $(0 \leqq x \leqq 1)$, qui est, pour α fixe, fonction de x de classe α.

Cette définition fournit la solution du problème suivant : *Pour tout α, nommer une fonction déterminée de classe α.* M. Lebesgue (³) a déjà nommé des fonctions de classe α; mais son procédé ne conduit pas à attacher à

(¹) Ceci est évidemment vrai dans le cas écarté, car alors S = 1.

(²) Il en résulte que toutes les fonctions ayant leur dérivée nulle presque partout sont du type de l'exemple donné par M. Lebesgue dans ses *Leçons sur l'intégration*, p. 55.

(³) *Journ. de Math.*, 1905, p. 209, note 1. Cf. page 212, note 3.

chaque α une fonction déterminée, *indépendante de la façon dont α est donné*. Il en est de même des procédés indiqués par MM. de la Vallée Poussin, Hahn et Sierpinski.

Notations. — Pour $0 \leqq x < 1$, soit $x = 0, x^{(1)} x^{(2)} \ldots x^{(n)} \ldots$ le développement de x en fraction dyadique contenant une infinité de zéros; pour $x = 1$, soit $x^{(n)} = 1$. Soit

$$x_n = 0, x^{(1 \cdot 2n)} x^{(3 \cdot 2n)} x^{(5 \cdot 2n)} \ldots, \qquad \text{pour} \qquad n = 0, 1, 2, \ldots.$$

$I_1, I_2, \ldots$ est la suite des intervalles (ouverts) à extrémités rationnelles; I_0 est l'ensemble vide. Posons $I_n(x) = I_n$, si $x^{(n)} = 1$ et s'il existe, en outre, un $m > n$ tel que $x^{(m)} = 1$; dans le cas contraire, ainsi que pour $x = 1$, $I_n(x) = I_0$.

Soit $r_{(1)}, r_{(2)}, \ldots, r_{(n)}, \ldots$ la suite des nombres rationnels. Je fais correspondre à chaque x un nombre transfini $\tau(x)$ comme il suit : je considère l'ensemble de ceux des $r_{(n)}$ dont les indices sont les nombres n pour lesquelles les nombres $x^{(n)}$, provenant du développement de x, sont égaux à 1; si cet ensemble est bien ordonné, je désigne par $\tau(x)$ son type d'ordre; dans le cas contraire, $\tau(x) = 0$. Posons

$$\tau_\alpha(x) = \tau(x), \quad \text{si} \quad \tau(x) < \alpha, \qquad \text{et} \qquad \tau_\alpha(x) = 0, \quad \text{si} \quad \tau(x) \geqq \alpha.$$

Je définis par récurrence une fonction qui fait correspondre à chaque couple (α, x) un *ensemble* de nombres réels $C(\alpha, x)$ de sorte que, α étant fixe :

(I). Si E désigne un ensemble linéaire F ou O (suivant que α est pair ou impair) de classe $< \alpha$ (1), il existe un x tel que $E = C(\alpha, x)$;

(II). L'image (2) de $C(\alpha, x)$ est un ensemble plan O et F de classe α.

Définition de $C(\alpha, x)$:

$$C(0, x) = I_0, \qquad C(1, x) = \sum_{n=1}^{\infty} I_n(x);$$

$$C(\alpha + 1, x) = \sum_{n=0}^{\infty} C(\alpha, x_n) \quad \text{ou} \quad \prod_{n=0}^{\infty} C(\alpha, x_n)$$

---

(1) Les ensembles fermés et ouverts sont respectivement F et O de classe 0. Si

$$M = \prod_{n=1}^{\infty} \sum_{k=1}^{\infty} M_{n,k} \qquad \left(\text{ou} \sum_{n=1}^{\infty} \prod_{k=1}^{\infty} M_{n,k} \right)$$

et les $M_{n,k}$ sont des ensembles O (ou F) de classe $< \alpha$, M est dit F (ou O) de classe α. Il sera plus commode de considérer les α de deuxième espèce comme impairs.

(2) Étant donnée une fonction qui fait correspondre à chaque x un ensemble $\varphi(x)$, j'appelle *image* de $\varphi(x)$ l'ensemble des points à coordonnées x, y, où y est élément de $\varphi(x)$.

[suivant que α est pair ou impair (>0)]. Pour α de deuxième espèce :

$$C(\alpha, x) = \sum_{n=0}^{\infty} C[\tau_\alpha(x_{2n}), x_{2n+1}].$$

On prouve la propriété (I) par récurrence, en remarquant que pour toute suite $\{t_{(n)}\}$ ($n = 0, 1, 2, \ldots$), $0 < t_{(n)} < 1$, il existe un x tel que $x = t_{(n)}$. La propriété (II) se déduit des prémisses suivantes :

1° Pour n fixe, l'image de $I_n(x)$ est un ensemble O de classe 0; il en est de même de $I_n(x_k)$, $I_n[(x_{k_1})_{k_2}]$, etc.

2° $\overline{\varphi(x)}$ désignant l'image de $\varphi(x)$, on a, quel que soit φ,

$$\overline{\prod_{n=1}^{\infty} \varphi_n(x)} = \prod_{n=1}^{\infty} \overline{\varphi_n(x)} \quad \text{et} \quad \overline{\sum_{n=1}^{\infty} \varphi_n(x)} = \sum_{n=1}^{\infty} \overline{\varphi_n(x)}.$$

3° Pour chaque système (α, a, b), on a

$$C[\tau_\alpha(a), b] = \sum_{0<\xi<\alpha} [T_\xi(a) \times C(\xi, b)],$$

$T_\alpha(x)$ désignant l'ensemble de nombres réels si $\tau(x) = \alpha$, et l'ensemble vide si $\tau(x) \neq \alpha$.

4° L'image de $T_\alpha(x)$, ainsi que celle de $T_\alpha(x_k)$, $T_\alpha[(x_{k_1})_{k_2}]$, etc., est F de classe α [1].

Pour prouver la proposition 4°, on remarquera que l'image de $T_\alpha(x)$ ($\alpha > 0$) est de la même classe que l'ensemble

$$P_\alpha - \sum_{0<\xi<\alpha} P_\xi,$$

P_α désignant l'ensemble de tous les x tels que $0 < \tau(x) \leqq \alpha$. Or, si l'on pose

$$R(r_{(n)}) = \text{l'ensemble des } x (\neq 0) \text{ tels que } x^{(n)} = 0,$$

$$S(0, r_{(n)}) = R(r_{(n)}) + \prod_{r_{(k)}<r_{(n)}} R(r_{(k)}), \qquad S(\alpha, r_{(n)}) = R(r_{(n)}) + \prod_{r_{(k)}<r_{(n)}} \sum_{\xi<\alpha} S(\xi, r_{(k)})$$

on a

$$P_\alpha = \prod_{n=1}^{\infty} \sum_{\xi<\alpha} S(\xi, r_{(n)})$$

et, comme $R(r_{(n)})$ est F de classe 1, P_α est F de classe α.

---

[1] Cf. *Fundamenta Mathematicæ*, V.

Posons $f(\alpha, x) = 1$, si x appartient à $C(\alpha, x)$, et $f(\alpha, x) = 0$ ailleurs. La fonction $f(\alpha, x)$ est de classe α.

En effet l'ensemble $B_\alpha = E[f(\alpha, x) = 1]$ est la projection orthogonale de l'intersection de la droite $y = x$ avec l'image de $C(\alpha, x)$. B_α est donc, en vertu de (II), un O et F (linéaire) de classe α. D'autre part, l'ensemble $D_\alpha = E[f(\alpha, x) = 0]$ étant formé par les x qui n'appartiennent pas à $C(\alpha, x)$, il n'existe aucun x pour lequel on ait $D_\alpha = C(\alpha, x)$. On en conclut, selon (I), que D_α ne peut être simultanément O et F de classe $< \alpha$. Il en est de même de B_α, car D_α est complémentaire de B_α. Ainsi, $f(\alpha, x)$ étant fonction caractéristique de l'ensemble B_α, qui est O et F de classe α et ne l'est (simultanément) dans aucune classe $< \alpha$, $f(\alpha, x)$ est de classe α [1].

Il est à remarquer que l'ensemble de tous les x qui appartiennent à $C[\tau(x_0), x_1]$ est non mesurable (B), de sorte que la fonction caractéristique de cet ensemble n'est pas représentable analytiquement.

NOMOGRAPHIE. — *Sur la résolution nomographique des systèmes d'équations.* Note de M. **M. Alliaume**, présentée par M. d'Ocagne.

Les calculs d'étalonnage des instruments de mesure consistent dans la résolution d'un système d'au moins autant d'équations qu'il y a de constantes instrumentales; ces équations sont de la même forme et ne diffèrent que par des valeurs numériques distinctes qu'il faut, en vertu des expériences, attribuer à certains paramètres; ceux-ci sont les lectures faites sur l'instrument et des valeurs, connues par hypothèse, de grandeurs mesurées.

Il sera utile de construire un nomogramme relatif à tous les instruments d'une même espèce, pour toutes les valeurs possibles des constantes instrumentales. Supposons qu'il y ait deux pareilles constantes (x, y) et que l'emploi de l'instrument comporte de une à trois lectures (z_2, z_3, z_4) et la détermination d'une inconnue finale z_1.

L'étalonnage équivalant à la résolution d'un système tel que

$$\varphi(x, y, z'_1, z'_2, z'_3, z'_4) = 0,$$
$$\varphi(x, y, z''_1, z''_2, z''_3, z''_4) = 0,$$

le nomogramme demandé est celui de l'équation à quatre, cinq ou six variables

$$\varphi(x, y, z_1, z_2, z_3, z_4) = 0$$

à laquelle s'appliquera presque toujours la belle méthode des points alignés

---

(1) De la Vallée Poussin, *Intégrales de Lebesgue*, p. 135.

de M. d'Ocagne, qui, par les réseaux de points à deux cotes, permet la réduction à une représentation plane d'une multiplicité à quatre, cinq ou six dimensions. L'étalonnage et l'emploi de l'instrument n'exigent pas le tracé du réseau (x, y) : à l'étalonnage qui précède une série de mesures correspond un point de ce réseau, et la connaissance de ce point est suffisante, sans qu'il soit nécessaire de posséder les valeurs numériques de ses coordonnées curvilignes dans le réseau (x, y). Le tracé de ce réseau ne devra se faire que lorsque, indépendamment de l'étalonnage d'un instrument, il s'agira de la résolution d'un système de deux équations de la même forme à deux inconnues, comme de deux équations linéaires non homogènes.

Si les équations à deux inconnues (x, y) ont des formes différentes,

$$\varphi'(x, y, z'_1, z'_2, \ldots, z'_m) = 0,$$
$$\varphi''(x, y, z''_1, z''_2, \ldots, z''_n) = 0,$$

la méthode des points alignés permet encore leur résolution jusqu'à $m = 4$, $n = 4$, pourvu que les deux équations puissent être représentées séparément par des nomogrammes à points alignés ayant en commun un réseau (x, y) de points à deux cotes.

Dans le cas le plus simple $m = 2$, $n = 2$, le nomogramme comporte des échelles z'_1, z'_2, z''_1, z''_2 et un réseau de points à deux cotes (x, y). Chaque équation définit la traversée de ce réseau par une droite que déterminent d'une part des points des deux premières échelles, d'autre part des points des deux dernières : l'intersection de ces droites a, dans le réseau, les cotes (x, y) demandées.

Lorsque m et n augmentent, certaines échelles sont remplacées par des réseaux de points à deux cotes. Ainsi, dans le cas le plus complexe $m = 4$, $n = 4$, le nomogramme est constitué de cinq réseaux de points à deux cotes, à savoir (z'_1, z'_2), (z'_3, z'_4), (x, y), (z''_1, z''_2), (z''_3, z''_4). La première équation définit une droite allant de (z'_1, z'_2) à (z'_3, z'_4); la droite définie par la deuxième passe par (z''_1, z''_2) et (z''_3, z''_4); et l'intersection de ces deux droites fournit les valeurs des inconnues au sein du réseau (x, y).

Aux mêmes conditions, la méthode des points correspondants permet d'atteindre $m = 6$, $n = 6$ si l'index, porté par un transparent, n'est pas simplement rectiligne (ni circulaire), et tel que l'ensemble de deux droites rectangulaires : le nomogramme est constitué de sept réseaux de points à deux cotes. Il en est de même si l'index est formé de deux droites parallèles dont la distance est variable. Enfin, on peut concevoir un nomogramme formé de neuf réseaux de points à deux cotes et propre à la résolution d'un

système de deux équations en (x, y) où $m = 8$, $n = 8$ par l'emploi d'un index déformable constitué de deux lignes qui ne soient pas des droites (ni des circonférences) et de l'une à l'autre desquelles le passage s'effectue par la variation d'un seul paramètre; tel est l'ensemble, indéformable en soi, de deux droites perpendiculaires, astreintes à ne se déplacer que parallèlement à elles-mêmes, leur intersection appartenant constamment à une ligne déterminée.

Il arrivera aussi qu'une équation à $(m + n + 1)$ variables

$$\varphi(z, z_1, z_2, \ldots, z_m, z_{m+1}, \ldots, z_{m+n}) = 0$$

puisse être considérée comme résultant de l'élimination d'une variable auxiliaire ζ entre deux équations

$$\varphi'(z, \zeta, z_1, z_2, \ldots, z_m) = 0,$$
$$\varphi''(z, \zeta, z_{m+1}, z_{m+2}, \ldots, z_{m+n}) = 0,$$

susceptibles d'être représentées séparément par des nomogrammes à points correspondants ayant en commun un réseau (z, ζ) de points à deux cotes. Le nomogramme de l'équation proposée sera alors l'association, par ce réseau commun, des nomogrammes des deux équations de disjonction. La famille de lignes en ζ ne devra pas être cotée ou pourra recevoir une chiffraison quelconque. Si $m + n$ ne surpasse pas 8, le tracé de deux droites suffira à la détermination de z; le tracé de deux couples de droites parallèles pourra y suffire si $m + n$ ne surpasse pas 12; un index déformable à un paramètre sera nécessaire si $m + n$ atteint 16.

MÉCANIQUE. — *Sur la gravitation einsteinienne des systèmes.* Note de M. **H.-C. Levinson.**

Dans plusieurs Notes, M. Le Roux a essayé de démontrer que dans la théorie de la relativité il ne peut pas exister de perturbations analogues à celles que l'on rencontre dans la mécanique classique. Il dit, en résumé, que dans un ds^2 à quatre dimensions, il ne peut figurer que quatre variables.

Il est facile de démontrer, comme M. Brillouin l'a indiqué dans une Note récente, que le mouvement d'un point matériel est presque le même dans les deux théories, pourvu que les vitesses des corps du champ soient assez petites par rapport à celui de la lumière. Ces considérations sont suffisantes pour le cas des planètes, par exemple. Mais les fondements des deux

théories sont distincts, et il serait possible que la théorie einsteinienne ne donne pas une solution logique du problème.

Dans sa dernière Note ([1]) M. Le Roux se demande quelle sera la méthode rigoureuse suivant laquelle on obtiendra le ds^2 du champ de n corps. Je voudrais démontrer qu'il n'y a pas de difficulté logique à trouver un ds^2 à quatre variables seulement, qui représente le champ de n points matériels libres. Pour trouver ce ds^2 il faut résoudre les dix équations du champ gravitationnel $G_{uv} = 0$, avec les conditions aux frontières. Cela n'a été fait que pour le cas d'un corps au repos.

Supposons que nous ayons la solution des équations se rapportant au champ d'un point matériel de masse m en mouvement arbitraire. Le ds^2 dépendra évidemment des coordonnées du point matériel. Appelons $u_1, \ldots, u_4$ les coordonnées d'un point du système de l'observateur, et $v_1, \ldots, v_4$ les coordonnées du point matériel.

Le ds^2 s'écrira

$$ds^2 = \sum_{\mu=1}^{4} \sum_{\nu=1}^{4} f_{\mu\nu}(u_1, \ldots, u_4; v_1, \ldots, v_4; m)\, du_\mu\, du_\nu, \tag{1}$$

les $f_{\mu\nu}$ étant supposés complètement déterminés. On peut dire ici que l'élément linéaire est fonction de plus de quatre variables. Mais il est clair qu'il n'y a que quatre variables indépendantes. Les v_i sont des fonctions des u_i.

Considérons maintenant le cas de deux points matériels libres de masses m_1 et m_2. Le cas de n points matériels lui est analogue. Représentons les coordonnées des deux masses respectivement par $x_1, \ldots, x_4$ et $y_1, \ldots, y_4$. Nous choisirons les x_i comme variables indépendantes. Alors il faut considérer les y_i comme des fonctions inconnues des x_i. Il résulte de (1)

$$ds^2 = \sum_{\mu=1}^{4} \sum_{\nu=1}^{4} f_{\mu\nu}(x_1, \ldots, x_4; y_1, \ldots, y_4; m_2)\, dx_\mu\, dx_\nu. \tag{2}$$

Or on peut également choisir les y_i comme variables indépendantes, les x_i étant des variables dépendantes. Dans ce cas

$$ds^2 = \sum_{\mu=1} \sum_{\nu=1} f_{\mu\nu}(y_1, \ldots, y_4; x_1, \ldots, x_4; m_1)\, dy_\mu\, dy_\nu. \tag{3}$$

([1]) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 1395.

Ainsi le ds^2 peut s'exprimer à l'aide de deux systèmes de variables, dont il faut trouver la relation.

Chacune des formes (2) et (3) conduit à quatre équations différentielles du mouvement. Nous obtenons ainsi un système de huit équations entre les neuf quantités $x_1, \ldots, x_4; y_1, \ldots, y_4$. Les solutions sont définies comme à l'ordinaire.

Un ds^2 pour ce champ, qui contient quatre variables indépendantes et pas de variables dépendantes, se déduit immédiatement de (2) ou (3) par substitution des y_i comme fonctions des x_i ou inversement; les substitutions étant données par les solutions des équations différentielles.

Dans le cas de n points matériels, il faut tout d'abord résoudre les équations du champ avec des conditions aux frontières représentant le cas de $n-1$ points matériels en mouvement arbitraire. Nous avons alors, au lieu de (2) et (3), n formes différentes du ds^2, chacune contenant quatre variables indépendantes, et $4(n-1)$ variables dépendantes. Celles-ci conduisent à $4n$ équations du mouvement entre les $4n$ variables et s. De même que pour le cas précédent, il existe un ds^2 ne contenant que quatre variables indépendantes.

Observations à l'occasion de la Communication de M. H. C. Levinson,
par M. **Émile Picard.**

Je tiens à dire que M. H. C. Levinson m'a remis, il y a dix jours, la Note qu'on vient de lire. On a vu dans le dernier numéro des *Comptes rendus* que M. Haag s'est occupé aussi du problème des n corps dans la théorie de la relativité. Ces travaux sont donc indépendants; les deux auteurs se placent d'ailleurs à des points de vue différents.

M. Le Roux avait déjà appelé l'attention sur la position même du problème. Tant qu'on se borne au mouvement d'un seul point, il est clair qu'une mécanique générale de la relativité n'est pas fondée. Or, quand on veut essayer de constituer une mécanique relativiste des systèmes, on se heurte à beaucoup d'arbitraire, et l'on peut se demander si la confrontation de l'expérience ou de l'observation avec les résultats d'une théorie présentant une telle indétermination offrira un bien grand intérêt. On sait à quelles discussions a donné lieu l'examen de quelques cas très particuliers relatifs à un seul point. Que sera-ce pour un système? Tout en applaudissant donc à des recherches, comme celles de M. Haag et de

M. H. Levinson, d'un grand intérêt mathématique, il est permis de rester quelque peu sceptique sur la valeur, quant à l'importance de la théorie de la relativité, des comparaisons qui pourront être faites avec la réalité.

CARTOGRAPHIE. — *Sur un procédé de représentation stéréoscopique des surfaces topographiques.* Note de M. G. **Poivilliers** présentée par M. Maurice d'Ocagne.

On connaît déjà divers procédés permettant d'obtenir une représentation stéréoscopique des surfaces topographiques; mais ces divers procédés étant tous fondés sur le fait que les deux vues assemblées doivent être deux perspectives coniques de la surface sont d'une application pratique difficile.

Le nouveau procédé, ici proposé, diffère des précédents en ce que les deux perspectives coniques sont remplacées par deux projections cylindriques dont l'une A est une projection droite, et l'autre B une projection oblique. Cette substitution a pour effet d'introduire dans la vue stéréoscopique une courbure générale, d'ailleurs assez peu sensible, mais sans altérer aucunement le relief relatif. La projection A est la carte proprement dite (représentation classique du terrain par courbes de niveau); la projection B est obtenue, en partant de A, par un décalage successif des courbes de niveau proportionnellement à leur différence d'altitude par rapport à un plan de comparaison arbitrairement choisi; ce décalage étant effectué dans une direction fixe choisie comme direction de base.

On obtient B en calquant A et en déplaçant le calque dans la direction Est-Ouest, d'une quantité fixe à chaque passage d'une courbe de niveau à la suivante. La planimétrie s'obtient par interpolation entre les courbes de niveau. Pratiquement, le tracé peut être effectué à l'échelle du $\frac{1}{20000}$, le décalage étant de $0^{mm},5$ pour une équidistance de 20^{m}. L'examen de la double figure à l'aide d'un binocle stéréoscopique donne une image en relief du terrain.

Dans ce procédé l'impression de relief est d'autant plus grande que le coefficient du décalage des courbes est lui-même plus grand.

Comme dans tout assemblage stéréoscopique, la dimension apparente de l'image en relief dépend de l'écartement des deux vues A et B par rapport aux yeux de l'observateur.

Au lieu de tracer la carte B par un décalage successif du calque, on peut utiliser un appareil à copier dans lequel deux crayons sont portés par une

tige rigide, et peuvent être réglés en distance le long de cette tige à l'aide d'une vis micrométrique. La tige peut se déplacer parallèlement à elle-même au-dessus de la minute de la carte A. On peut ainsi tracer simultanément A et B. Pour passer d'une courbe à la suivante, on agit sur la vis micrométrique qui décentre les crayons.

On peut également utiliser un autre type d'appareil dans lequel une tige semblable à la précédente peut se déplacer parallèlement aux génératrices d'un cylindre sur lequel sont enroulés la minute et le calque. Le tracé s'effectue alors par la rotation du cylindre autour de son axe et par le déplacement simultané de la tige portant les crayons, parallèlement aux génératrices. Dans les deux cas, la position de la tige, par rapport à la minute, matérialise la direction de base choisie.

Le stéréo-autographe, objet de la Note insérée dans les *Comptes rendus* du 30 octobre 1922, permet également le tracé automatique des deux projections en partant de deux vues photographiques du terrain.

L'examen stéréoscopique des deux projections A et B peut se faire par n'importe quel procédé connu. En particulier, ces cartes peuvent être projetées devant un auditoire, en utilisant les anaglyphes ou la lumière polarisée.

Ce mode de représentation du terrain peut faciliter l'étude de la topologie et de la morphologie. Il peut être appliqué avec succès aux cartes géologiques, car il permet de visualiser la superposition des diverses couches du terrain à l'intérieur du sol.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la théorie électromagnétique relativiste.* Note de M. **Paul Dienes**, présentée par M. J. Hadamard.

1. Dans son récent Livre [1], M. Einstein déclare être convaincu que la théorie électromagnétique de M. Weyl ne nous approche pas de la solution du problème fondamental qu'est la géométrisation des forces électromagnétiques. Dans cette Note, nous allons appuyer cette remarque par un calcul bien simple.

La relation entre la dérivation covariante (*erweiterung*)

$$(1) \qquad \frac{\mathrm{DA}^{\mu}}{\mathrm{D}x^{\alpha}} = \frac{\partial \mathrm{A}^{\mu}}{\partial x^{\alpha}} + \Gamma^{\mu}_{s\alpha}\mathrm{A}^{s}, \qquad \frac{\mathrm{DA}_{\mu}}{\mathrm{D}x^{\alpha}} = \frac{\partial \mathrm{A}_{\mu}}{\partial x^{\alpha}} - \Gamma^{s}_{\mu\alpha}\mathrm{A}_{s}$$

[1] A. Einstein, *Vier Vorlesungen über Relativitätstheorie* (Vieweg, 1922, p. 63).

et le déplacement $\delta A^\mu = -\Gamma^\mu_{s\alpha} A^s dx^\alpha$, $\delta A_\mu = \Gamma^s_{\mu\alpha} A_s dx^\alpha$ est donnée par

$$(2) \qquad \delta A^\mu = dA^\mu - \frac{DA^\mu}{Dx^\alpha} dx^\alpha, \qquad \delta A_\mu = dA_\mu - \frac{DA_\mu}{Dx^\alpha} dx_\alpha.$$

Pour un invariant, c'est-à-dire pour un tenseur d'ordre o, f, on pose

$$\frac{Df}{Dx^\alpha} = \frac{\partial f}{\partial x^\alpha} \qquad \text{et} \qquad \delta f = 0.$$

La dérivation est définie aussi pour les tenseurs d'ordre supérieur sans que l'on considère des déplacements correspondants.

D'autre part, après l'introduction de la métrique, on considère les quantités A^μ et $B_\mu = A^i g_{i\mu}$ comme les composantes contravariantes ou covariantes *du même tenseur*. La raison géométrique de cette identification est que ces deux tenseurs A et B ont la même longueur, leur angle est o et ils forment le même angle avec un tenseur quelconque. On étend ces définitions aux tenseurs d'ordre supérieur et l'on arrive au résultat que $g_{\mu\nu}$, $g^{\mu\nu}$, δ^μ_ν sont les composantes covariantes, contravariantes et mixtes du même tenseur.

2. Dans le Calcul différentiel absolu de MM. Ricci et Levi-Cività, comme aussi dans tous les écrits de M. Einstein, on a $\Gamma^\mu_{\alpha s} = \left\{ {\alpha s \atop \mu} \right\}$. Il n'y a donc qu'une seule suite de paramètres indépendants, celle des $g_{\mu\nu}$, et M. Einstein s'en est servi pour géométriser la gravitation. Pour faire place aux forces électromagnétiques, force nous est donc de généraliser le calcul. M. Weyl (¹) ne suppose plus que $\Gamma^\mu_{\alpha s} = \left\{ {\alpha s \atop \mu} \right\}$ et il introduit une correspondance entre les longueurs attachées aux différents points en posant $\delta l = l \delta\varphi$ avec $l = g_{\mu\nu} A^\mu A^\nu$, $\delta\varphi = \varphi_i dx^i$, où les fonctions arbitrairement données φ_i sont les potentiels électromagnétiques.

D'après le raisonnement (d'ailleurs classique) de M. Einstein (*loc. cit.*, p. 46), on a

$$(3) \qquad \delta(g_{\mu\nu} A^\mu A^\nu) = \frac{\partial g_{\mu\nu}}{\partial X^\alpha} A^\mu A^\nu dX^\alpha + g_{\mu\nu} A^\mu \delta A^\nu + g_{\mu\nu} A^\nu \delta A^\mu,$$

ce qui conduit, grâce à (2), à l'équation

$$(4) \qquad \delta l = A^\mu A^\nu \frac{Dg_{\mu\nu}}{DX^\alpha} dX^\alpha.$$

Comme le déplacement d'un tenseur d'ordre zéro est, par définition, zéro,

(¹) H. Weyl, *Raum, Zeit, Materie*, 3ᵉ édition, p. 101.

M. Einstein en conclut que

$$\frac{Dg_{\mu\nu}}{DX^\alpha} = 0. \tag{5}$$

Dans la théorie de M. Weyl, cependant, il y a des tenseurs privilégiés d'ordre zéro, les longueurs l, dont, par définition, le déplacement δl n'est pas zéro. Il est donc important de remarquer que l'équation (5) suit déjà du fait que $g_{\mu\nu}$ et δ^μ_ν représentent le même tenseur et qu'on a formellement $\frac{D\delta^\mu_\nu}{DX^\alpha} = 0$. *Il en résulte que* $\varphi_i = 0$. *Le tenseur* $K_{\mu\nu,\alpha} \equiv \frac{Dg_{\mu\nu}}{DX^\alpha}$ *de M. Eddington* [1] *s'évanouit aussi.*

3. On pourrait essayer d'échapper à ces conclusions, en rendant la dérivation des tenseurs covariants et contrevariants complètement indépendante l'une de l'autre. On aurait ainsi, par exemple,

$$\frac{DA^\lambda_{\mu\nu}}{DX^\alpha} = \frac{\partial A^\lambda_{\mu\nu}}{\partial X^\alpha} + \Gamma^\lambda_{s\alpha} A^s_{\mu\nu} - \overline{\Gamma}_{\mu\alpha} A^\lambda_{s\nu} - \overline{\Gamma}^s_{\nu\alpha} A^\lambda_{\mu s}.$$

La contraction $\lambda = \mu$ donnera

$$\frac{DA^\lambda_{\lambda\nu}}{DX^\alpha} = \frac{\partial A^\lambda_{\lambda\nu}}{\partial X^\alpha} + \Gamma^\lambda_{s\alpha} A^s_{\lambda\nu} - \overline{\Gamma}^s_{\lambda\alpha} A^\lambda_{s\nu} - \overline{\Gamma}^s_{\nu\alpha} A^\lambda_{\lambda s}.$$

D'autre part, $A^\lambda_{\lambda\nu}$ étant un tenseur covariant d'ordre un, on a

$$\frac{DA^\lambda_{\lambda\nu}}{DX^\alpha} = \frac{\partial A^\lambda_{\lambda\nu}}{\partial X^\alpha} - \overline{\Gamma}^s_{\nu\alpha} A^\lambda_{\lambda s},$$

ce qui, joint à l'équation précédente, montre que $\Gamma^\lambda_{s\alpha} - \overline{\Gamma}^\lambda_{s\alpha} = 0$. *La généralisation proposée n'est pas possible.*

4. Il y a cependant une remarque à faire sur l'équation (3), que nous écrirons cette fois sous la forme

$$\delta(g_{\mu\nu} A^\mu A^\nu) = \delta g_{\mu\nu} A^\mu A^\nu + g_{\mu\nu} A^\nu \delta A^\mu + g_{\mu\nu} A^\mu \delta A^\nu.$$

Pour arriver à (4), avec M. Einstein et avec tous les auteurs, nous avons remplacé δA^μ par une différentielle inexacte arbitrairement donnée et en même temps nous avons posé $\delta g_{\mu\nu} = \delta g_{\mu\nu}$. Les quantités $g_{\mu\nu}$ sont cependant aussi des composants tensoriels. Est-il raisonnable de supposer qu'un ten-

---

(1) A.-S. Eddington, *A generalisation of Weyl's theory* ... (*Proc. of Roy. Soc. A.*, vol. 99, 1912, p. 109).

eur d'ordre *deux* se déplace d'une façon aussi simple quand le déplacement des tenseurs d'ordre *un* est tellement compliqué?

Comme la dérivation est définie pour n'importe quel tenseur, la généralisation naturelle de la notion du déplacement est l'extension des équations (2), ce qui, sous forme finie, n'est autre que l'extension du parallélisme à la Levi-Civitä aux tenseurs d'ordre supérieur. On aura ainsi par exemple

$$(6) \qquad \delta A_{\mu\nu} = dA_{\mu\nu} - \frac{DA_{\mu\nu}}{DX^\alpha} dX^\alpha = \Gamma^s_{\mu\alpha} A_{s\nu} dX^\alpha + \Gamma^s_{\nu\alpha} A_{\mu s} dX^\alpha.$$

Remarquons qu'on ne peut pas donner arbitrairement la différentielle inexacte $\delta A_{\mu\nu}$ sans renoncer à la règle $\delta(A_i A_j) = \delta A_i A_j + A_i \delta A_j$.

En conséquence de (6), (γ) *est remplacé par l'identité* $\delta l = 0$. Du reste, (5) n'est point touché par les nouvelles conventions parce qu'elle résulte de l'identité de $g_{\mu\nu}$ avec δ^μ_ν. *Les théories de M. Weyl et de M. Eddington ne paraissent donc pas s'encadrer facilement dans le Calcul Tensoriel.* Cet échec de la généralisation des forces électromagnétiques paraît, d'ailleurs, naturel dans la conception de M. Einstein (version pratique de la conception Riemannienne) d'après laquelle la géométrie est constituée par les propriétés des réseaux de bâtons (corps rigides idéaux) et ces propriétés sont parfaitement déterminées par l'unique tenseur $g_{\mu\nu}$, c'est-à-dire par la gravitation.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la dissociation du chloro-iridate de potassium.* Note de M. G. **Gire**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

La décomposition du chloro-iridate de potassium

$$\frac{1}{2}\underset{\text{sol.}}{(IrCl^4, 2KCl)} = \frac{1}{2}\underset{\text{sol.}}{Ir} + \underset{\text{sol.}}{KCl} + \underset{\text{gaz}}{Cl^2} - Q$$

analogue à celle des chloroplatinates dont j'ai donné un exemple dans une précédente Note [1], a été étudiée de la même manière.

Dans le Tableau ci-après sont réunis les résultats de mes mesures.

Pendant la décomposition du chloro-iridate, le chlorure de potassium fond. La valeur la plus probable du point de fusion de ce sel serait, d'après les déterminations les plus récentes, 775°.

---

(1) *Comptes rendus*, t. **174**, 1922, p. 1700.

Températures		Tensions		
en degrés C.	absolues.	mesurées en mm de Hg.	calculées équation (I).	calculées équation (II).
574	847	9,2	4,7	»
600	873	14,6	8,8	»
623	896	18,7	14,9	»
638	911	20,0	20,7	»
651	924	30,7	27,3	»
663	936	38,1	35,2	»
678	951	50,4	47,8	»
692	965	64,1	63,2	»
706	**979**	**83,0**	**83,0**	»
719	992	105,8	106,2	»
729	1002	125,2	128,1	»
739	1012	153,7	153,8	»
741	**1014**	**159,6**	**159,6**	140,8
751	**1024**	**189,1**	**189,1**	177,0
762	1035	243,5	232,1	222,8
774	1047	301,8	285,9	286,0
784	1057	345,6	339,0	330,5
798	1071	439,3	428,7	451,8
807	1081	540,7	505,8	537,5
810	1083	543,0	522,6	554,5
820	**1093**	**653,4**	613,9	**653,4**
830	**1103**	**763,3**	720,0	**763,3**
844	**1117**	**933,2**	875,7	**933,2**

A partir de cette température le système est du genre

$$\text{sol.} \rightleftharpoons \text{sol.} + \text{liq.} + \text{gaz} - Q$$

et sa variance n'est point changée. Il n'apparaît pas, en effet, qu'il y ait dissolution du chloro-iridate dans le chlorure fondu et si cette dissolution se produit, le grand excès de chloro-iridate maintient l'état de saturation et l'équilibre demeure un « équilibre complet ».

Si l'on cherche l'équation d'équilibre du système avant et après la fusion; en utilisant les pressions mesurées à 706°, 741° et 751°, on trouve :

$$\text{(I)} \qquad \log P = -\frac{5280}{T} + 6,41 \log T - 12,86$$

et en utilisant les pressions mesurées à 820°, 830° et 844°,

$$\text{(II)} \qquad \log P = -\frac{39400}{T} - 65,72 \log T + 237,5.$$

L'examen des tensions calculées pour différentes températures à l'aide de ces deux équations (colonnes 4 et 5 du Tableau) permet de constater qu'elles représentent des courbes se coupant pour la tension $P = 286^{mm}$ à la température de 774° (température de fusion de KCl), la seconde courbe étant moins inclinée sur l'axe des températures que la première.

Déjà M. Le Chatelier [1] a signalé, à propos de l'hydrate de chlore, le relèvement sur l'axe des températures que subit la courbe de dissociation d'un corps lorsqu'un des produits de la décomposition vient à fondre.

L'application de la formule de Clapeyron,

$$\frac{Q}{T} = \frac{R}{E}\frac{1}{p}T\frac{dp}{dT},$$

à cette transformation montre en effet qu'à la température de fusion d'un des produits de la dissociation la valeur Q, chaleur de réaction, s'augmente de la chaleur de fusion de ce produit qui est de même signe qu'elle et que $\frac{dp}{dT}$, coefficient angulaire de la courbe d'équilibre, subit de ce fait un brusque accroissement.

Il s'ensuit qu'en calculant pour cette température de fusion les valeurs de Q correspondant aux deux courbes d'équilibre, on peut obtenir, par différence, la chaleur de fusion de ce produit de dissociation.

La chaleur de dissociation correspondant au dégagement d'une molécule gazeuse est donnée par la formule

$$Q = -(a \times 4,571) + 2bT \text{ (chaleur négative)}$$

(a et b étant les coefficients en $\frac{1}{T}$ et log T de l'équation de dissociation).

En appliquant cette formule à l'une et l'autre des équations d'équilibre pour la température absolue de fusion :

$$T = 774° + 273,$$

j'ai obtenu successivement :

$$Q = 37,54 \text{ (pour l'équation I)};$$
$$Q' = 42,46 \text{ (pour l'équation II)}.$$

La chaleur de fusion d'une molécule de KCl serait par conséquent :

$$42,46 - 37,54 = 4,92 \text{ (chaleur négative)}.$$

---

(1) *Recherches sur les équilibres chimiques*, p. 159.

S. Somozuzny et F. Rambach (¹), en 1910, ont donné comme chaleur moléculaire de fusion de ce sel — 4,69.

Ces deux valeurs, ainsi qu'il convient, sont sensiblement égales à la chaleur moléculaire de dissolution de ce corps — 4,40.

SPECTROSCOPIE. — *Les spectres d'absorption ultraviolets des alcaloïdes du groupe de l'isoquinoléine. La narcotine, l'hydrastine et l'hydrocotarnine.* Note de M. **Pierre Steiner**, présentée par M. G. Urbain.

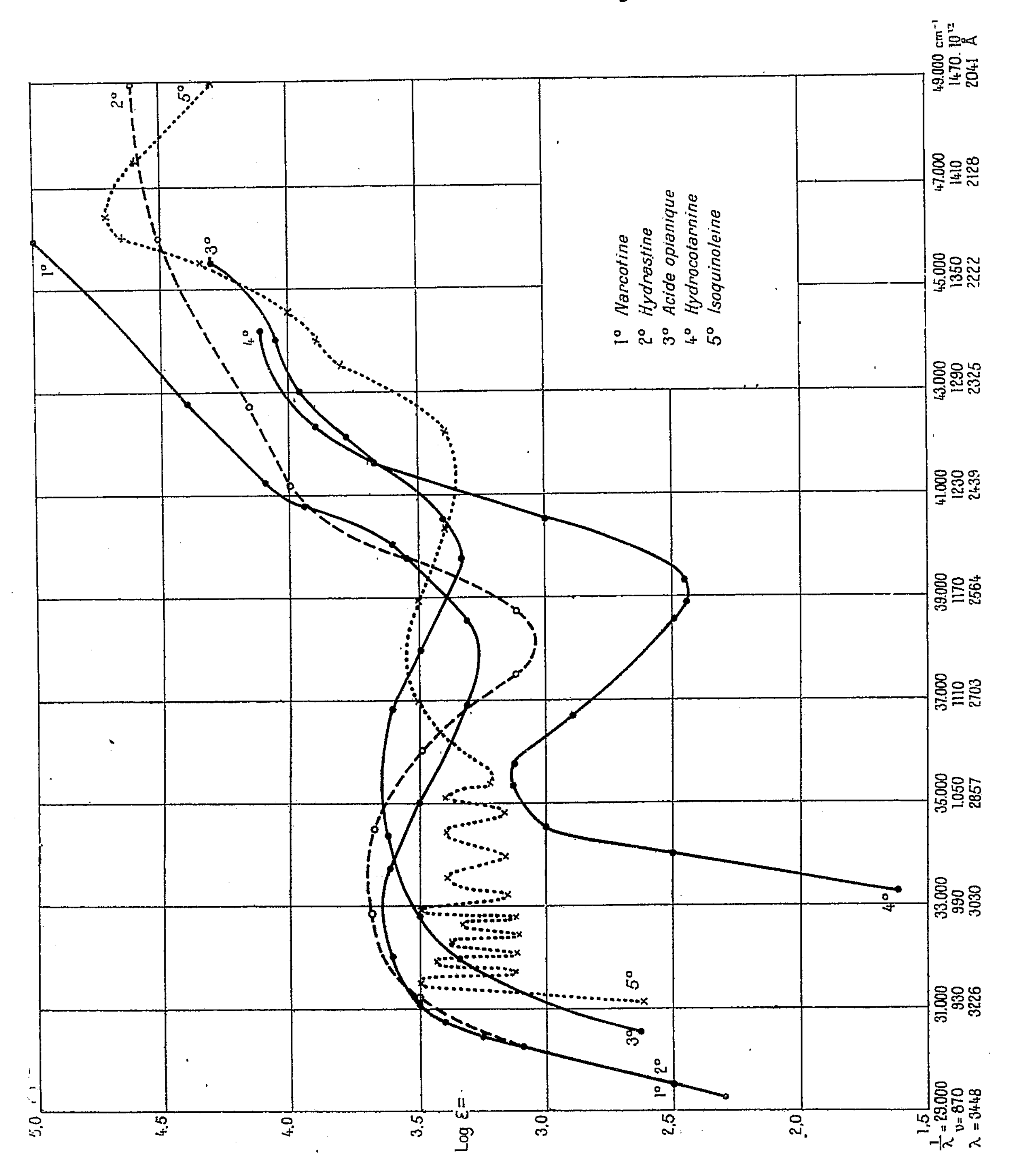
Dans la molécule de narcotine le noyau isoquinoléine est partiellement saturé tandis que dans la papavérine, dont nous avons décrit le spectre récemment (²), ce noyau est intact. La narcotine est un dérivé de la tétrahydroisoquinoléine. Par hydratation on parvient à scinder cette molécule de narcotine : d'une part en un alcaloïde plus simple dérivé de la tétrahydroisoquinoléine, l'hydrocotarnine ; d'autre part en un dérivé du benzène, l'acide opianique.

```
            CH   CH²                                    CH   CH²
       O — C    C     CH²                          O — C    C     CH²
  CH²                                         CH²
       O — C    C     Az — CH³                     O — C    C     Az — CH³
            C    CH                                     C    CH²
            |    |                                      |
     CH³ — O     |                                      O
                 |                                      |
         O —— CH            + H²O  =                    CH³
         |     |                                   Hydrocotarnine.
         |     C                                    O = C — H
   O = C — C      CH                                    |
                                                        C
  CH³ — O — C      CH                        HOOH — C      CH
     CH³ — O — C
     Narcotine.                              CH³ — O — C      CH
                                                CH³ — O — C
                                                Acide opianique.
```

La molécule d'hydrastine ne diffère de celle de narcotine que par l'absence du groupe — O — CH^3 dans le noyau isoquinoléine.

Nous avons étudié, d'après la méthode de V. Henri, les spectres d'absorption ultraviolets quantitatifs de la narcotine et de l'hydrastine en

(¹) *Zeit. anorg. Chem.*, t. 65, 1910, p. 424.
(²) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 1146.


1° Narcotine
2° Hydrastine
3° Acide opianique
4° Hydrocotarnine
5° Isoquinoleine
Log ε =
5,0
4,5
4,0
3,5
3,0
2,5
2,0
1,5
1/λ = 29.000 ν = 870 λ = 3448
31.000 930 3226
33.000 990 3030
35.000 1.050 2857
37.000 1110 2703
39.000 1170 2564
41.000 1230 2439
43.000 1290 2325
45.000 1350 2222
47.000 1410 2128
49.000 cm-1 1470.10 12 2041 Å

solution alcoolique et éthérée; de l'hydrocotarnine en solution hexanique; de l'acide opianique en solution dans l'éther-alcool.

Pour tous ces corps, nous avons trouvé une bande large suivie, du côté des petites longueurs d'onde, d'un minimum à partir duquel l'absorption augmente de nouveau rapidement et fortement, ainsi que le montre le Tableau suivant :

	Maxima des bandes.			Minima des bandes.		
	λ.	$\frac{1}{\lambda}$ cm⁻¹.	ε.	λ.	$\frac{1}{\lambda}$ cm⁻¹.	ε.
Narcotine.........	3040 Å	32890	4500	2650 Å	37740	2500
Hydrastine........	2970	33670	5000	2621	38150	1300
Acide opianique...	2810	35590	4100	2527	39570	2400
Hydrocotarnine....	2810	35590	1400	2561	39050	250

La figure ci-jointe représente les courbes d'absorption de la narcotine et de l'hydrastine en solution alcoolique, de l'hydrocotartine en solution hexanique, de l'acide opianique en solution dans l'éther-alcool, et par comparaison, la courbe de l'isoquinoléine en solution hexanique, décrite récemment par M. Fischer et nous ([1]). En abscisses sont portées les fréquences et en ordonnées les logarithmes des coefficients d'absorption ε, définis par $J = J_0 . 10^{-\varepsilon c \delta}$.

Résultats. — 1° Le spectre d'absorption ultraviolet de la narcotine est déterminé par le noyau benzénique de sa molécule (acide opianique); le noyau isoquinoléinique (hydrocotarnine) déplace seulement l'absorption vers le rouge. Pour la papavérine, au contraire, c'est le noyau isoquinoléinique et non le noyau benzénique qui est déterminant.

2° Le spectre de l'hydrastine ne diffère de celui de la narcotine que par un déplacement des maximum et minimum vers les petites longueurs d'onde et par de petites différences dans l'intensité de l'absorption.

3° L'hydrocotarnine, qui contient un noyau isoquinoléinique partiellement saturé, présente un spectre formé d'une seule bande dans l'ultraviolet et ne rappelant en rien le spectre de l'isoquinoléine; de plus, elle absorbe moins fort que l'isoquinoléine.

4° D'après les mesures précédentes, on peut doser spectrographiquement $0^{mg},07$ de narcotine ou d'hydrastine dans 2^{cm^3} de solvant.

([1]) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 882.

SPECTROSCOPIE. — *Sur la structure des spectres d'arc du molybdène, du sélénium et du chrome.* Note [1] de M. A. CATALAN, présentée par M. G. Urbain.

Dans une précédente Communication, nous nous sommes occupé de certaines particularités concernant le spectre du chrome, et nous allons traiter au même point de vue les spectres du molybdène, du sélénium et du chlore.

Molybdène. — Son spectre d'arc est d'une complexité extrême et doit présenter un grand nombre de systèmes de séries. Dans la Table on trouvera la première description de l'un d'eux.

TABLE II.

Série principale $1s - mp$.

$1s = 57420,41$.

λ.	Int.	ν.	Δν.	m.	$mp_{1,2,3}$.
3798,259	(50R)	26320,41	448,57		31100,00
3864,115	(50R)	25871,84	257,55	(1)	548,57
3902,963	(50R)	25614,29			806,01

Série étroite $2p - ms$.

$2p_1 = 31100,00$; $2p_2 = 31548,57$; $2p_3 = 31806,01$.

λ.	Int.	ν.	Δν.	m.	ms.
—3798,259	(50R)	—26320,41	448,57		
—3864,115	(50R)	—25871,84	257,55	(1)	57420,41
—3902,968	(50R)	—25614,29			
7485,73	(8)	13355,08	448,44		
7242,54	(7)	13803,52	257,56	(2)	17444,94
7109,87	(7)	14061,08			

Série nébuleuse $2p - md$.

$2p_1 = 31100,00$; $2p_2 = 31548,57$; $2p_3 = 31,806,01$.

λ.	Int.	ν.	Δν.	m.	
5368,088	(calc.)	18626,91	9,80		
64,266	(3)	636,71	12,79		
60,586	(15)	649,50			
			448,56		$3d_1 = 12450,50$
5242,780	(3)	19068,56	6,92		$3d_2 = 463,29$
40,878	(5)	075,48	9,80	(3)	$3d_3 = 473,09$
38,186	(5)	085,28			$3d_4 = 480,01$
			257,44		$3d_5 = 484,64$
5174,179	(8)	19321,37	4,62		
72,943	(8)	325,99	6,93		
71,088	(4)	332,92			

A noter que le terme diffus est aussi quintuple et que le nombre de raies est 9 (3 + 3 + 3 composantes). Les raies du triplet de la série principale sont les raies ultimes de Gramont [2]. Nous trouvons également dans ce spectre des multiplets analogues à ceux du chrome et du manganèse.

Sélénium. — Les triplets diffus de cet élément ont été regardés comme

---

[1] Séance du 15 janvier 1923.

[2] *Tables annuelles de constantes et données numériques de Chimie, de Physique*, etc. Paris, 1913, p. 250.

exceptionnels par le nombre, l'intensité et l'emplacement de leurs satellites. Il est fort probable que de nouvelles mesures plus précises que celles qui existent montreront qu'ils sont formés par neuf raies et terme diffus quintuple comme ceux du Cr et du Mo.

Chlore. — Son spectre d'étincelle présente des triplets. L'un d'eux, d'aspect diffus et avec des séparations s'approchant à 67.3 et 40.7 (séparations qui ont été signalées par Paulson comme fréquentes dans ce spectre) est mentionné dans les travaux de Kayser [1]. Quoique les Tables donnent un nombre de composantes égal à $1 + 3 + 2$, la simple observation de la photographie suffit pour se convaincre de la présence d'au moins trois composantes dans la première raie. Ce triplet doit être analogue à ceux du Mn. Des mesures plus exactes sont nécessaires pour résoudre cette question.

En résumé, le terme diffus dans les éléments des colonnes VII et VI de la Table périodique est quintuple et le nombre de raies qui forment les triplets diffus est neuf ($3 + 3 + 3$ composantes).

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'absorption ultraviolets de l'aniline et des toluidines.* Note de M. **F.-W. Klingstedt**, présentée par M. G. Urbain.

L'aniline et la paratoluidine possèdent, d'après les études qualitatives des auteurs antérieurs (Hartley, Baly, Purvis, etc.), deux bandes très larges, l'orthotoluidine n'aurait qu'une seule bande.

Les mesures quantitatives des coefficients d'absorption, d'après la méthode de Victor Henri et l'emploi d'une source de lumière ayant un spectre ultraviolet continu, nous ont donné des résultats complètement différents.

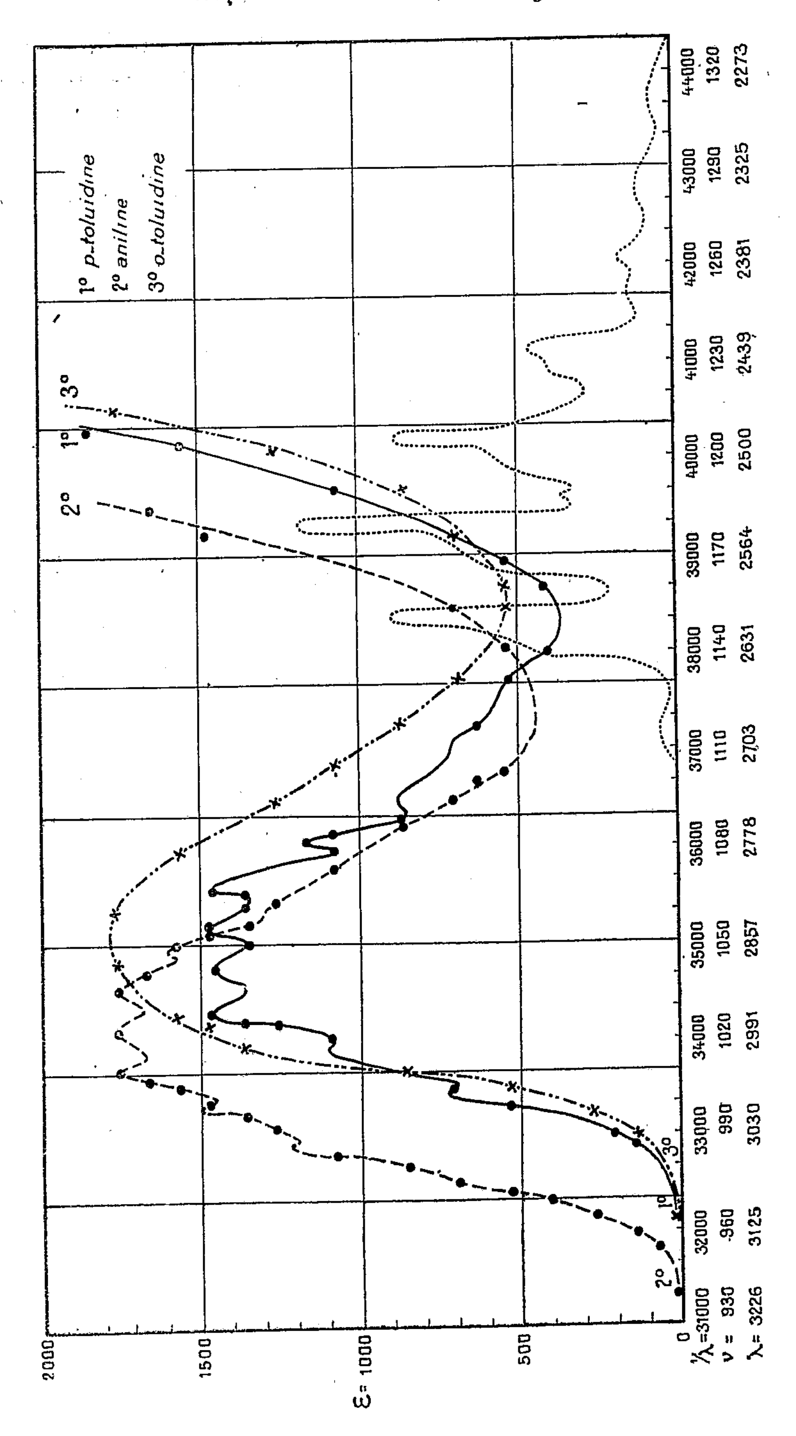
Résultats. — 1° L'aniline en solution hexanique possède neuf bandes étroites entre $\lambda = 2991$ et 2704, et une bande large pour $\lambda = 2340$. Ce spectre normal se rapproche de celui de la vapeur d'aniline.

Les bandes étroites sont presque équidistantes entre elles, $\Delta \frac{1}{\lambda}$ étant en moyenne égal à 450^{-1} cm.

Par rapport au benzène les bandes d'absorption de l'aniline sont décalées vers le rouge de 370 A; de plus l'intensité de l'absorption est environ huit fois plus grande, ainsi que le montrent les valeurs des coefficients d'absortion moléculaires ε.

---

(1) *Handbuch der Spectroscopie*, vol. 2, pl. III.


1° p-toluidine
2° aniline
3° o-toluidine
ε = 1000
2000
1500
500
0
1/λ = 31000 32000 33000 34000 35000 36000 37000 38000 39000 40000 41000 42000 43000 44000
ν = 930 960 990 1020 1050 1080 1110 1140 1170 1200 1230 1260 1290 1320
λ = 3226 3125 3030 2991 2857 2778 2703 2631 2564 2500 2439 2381 2325 2273

2° Le spectre d'absorption de l'aniline en solution dans l'eau, l'alcool et le CCl^4 est très différent du spectre normal : les bandes étroites sont, dans ces solvants, fusionnées en une seule bande large. C'est là un phénomène analogue à celui que nous avons trouvé pour le phénol et les diphénols ([1]).

3° Les spectres d'absorption de l'*ortho* et de la *para*-toluidine sont très différents : l'ortho possède deux bandes larges, tandis que le dérivé para présente sept bandes étroites et une bande large dans l'ultraviolet extrême.

Le spectre de l'ortho est décalé, par rapport à celui de l'aniline, environ de 15 Å, tandis que celui du para est décalé de 80 Å.

Ces différences, entre le dérivé *para* et l'*ortho*, sont identiques à celles que nous avons décrites pour les xylols et les diphénols.

Les positions des bandes et les valeurs des coefficients d'absorption moléculaires sont donnés dans le Tableau suivant :

λ.	$\frac{1}{\lambda}$.	$\Delta\frac{1}{\lambda}$.	ε.
	Aniline.		
2991.....	33 434	//	710
2959.....	33 795	361	1110
2918.....	34 270	475	1470
2877.....	34 758	488	1470
2840.....	35 211	453	1470
2808.....	35 613	402	1470
2772.....	36 075	462	1170
2740.....	36 496	421	880
2704.....	36 982	486	700
2340.....	42 735	//	7000

λ.	$\frac{1}{\lambda}$.	$\Delta\frac{1}{\lambda}$.	ε.
	Para-toluidine.		
3043.....	32 862	//	1220
3002.....	33 311	449	1500
2968.....	33 693	382	1750
2933.....	34 095	402	1750
2897.....	34 518	423	1750
2859.....	34 977	459	1600
2838.....	35 298	321	1300
2356.....	42 445	//	7000
	Ortho-toluidine.		
2850.....	35 088	//	1750
2331.....	42 900	//	7000

La forme et la position des courbes d'absorption de l'aniline et des deux toluidines sont indiquées sur la figure.

([1]) *Comptes rendus*, t. 175, 1922.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Ionisation produite par l'hydratation du sulfate de quinine.* Note de Mlle **Chamié**, présentée par M. G. Urbain.

J'ai repris la question de l'ionisation qui accompagne le phénomène d'hydratation du sulfate de quinine (Le Bon) (¹). Pour donner une preuve directe que l'effet d'ionisation a pour cause l'hydratation, j'ai étudié le phénomène d'hydratation par l'augmentation du poids du sel en me servant de la balance système Curie, qui offre cet avantage qu'on peut par des lectures directes à l'échelle graduée, suivre les déplacements continus du levier pendant toute la durée du phénomène. Le sulfate de quinine desséché d'abord et refroidi ensuite dans un dessiccateur donne une courbe caractéristique de l'augmentation du poids en fonction du temps pendant son hydratation. J'ai observé les influences diverses que font subir à ces courbes les variations de la température, de l'épaisseur de la couche et du volume d'air dans lequel l'hydratation se produit.

En même temps, j'ai construit les courbes de la diminution du courant d'ionisation en fonction du temps, lorsque l'hydratation se produisait dans une chambre d'ionisation. Le volume de cette chambre doit être suffisant pour assurer la quantité d'eau nécessaire à l'hydratation complète.

En comparant la courbe d'augmentation du poids avec la courbe de la diminution du courant en fonction du temps pour une même quantité de sulfate de quinine on constate une analogie frappante entre ces deux phénomènes :

1° La durée du phénomène est la même pour les deux courbes et dépend de la densité avec laquelle le sel est réparti sur la surface donnée.

2° Tout effet modifiant la courbe du poids agit de la même manière sur la courbe du courant.

3° Le poids de l'eau d'hydratation ainsi que l'intensité maximum du courant d'ionisation et la quantité d'électricité dégagée pendant l'hydratation semblent être proportionnels au poids du sulfate de quinine utilisé.

4° Si l'on construit la symétrique de la courbe du poids par rapport à

(¹) Le Bon, *Comptes rendus*, t. 130, 1900, p. 891. — Mis Gates, *Phys. Rev.*, 1904, 1906, 1907. — Kalahne, *Ann. d. Phys.*, 1905. — De Broglie et Brizard, *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 136 et 855. — Kalähne u. Federlin, *Z. S. wiss. Photogr.*, t. 20, 1921, p. 199. — Gerhard Schmidt, *Zeit. für Phys.*, t. 8, 3, 1922, p. 160.

l'axe des abscisses, on constate que la courbe ainsi obtenue est analogue à la courbe de diminution du courant d'ionisation en fonction du temps.

Ces observations sont plus ou moins qualitatives encore à cause de la difficulté d'atteindre le courant de saturation et à cause des influences diverses que subit le phénomène et qui devront être éliminées dans des expériences plus précises. Cependant elles suggèrent déjà une interprétation qui devra être vérifiée et qui pourra s'appliquer également à d'autres phénomènes du même genre.

Soient $p = f(t) + p_0$ où p est le poids du sulfate de quinine, p_0 le poids initial du sel desséché, t le temps variant de o — moment initial de l'observation à T — durée du phénomène et $f(t)$ une fonction continue croissante telle que $f(\text{o}) = \text{o}$ et $f(\text{T}) = \text{P}$ — poids de l'eau totale d'hydratation. A cause de l'analogie entre les deux courbes on peut poser : $i = -af(t) + \mathfrak{I}$, où i est le courant d'ionisation, $\mathfrak{I}$ l'intensité maximum de ce courant pour $t = \text{o}$ et a une constante qui doit être égale à $\frac{\mathfrak{I}}{\text{P}}$ puisque pour $t = \text{T}$ on a $i = \text{o}$; on aurait également la valeur de a d'après $a = \frac{\mathfrak{I} - i_n}{p_n - p_0}$ où i_n et p_n correspondent à la même valeur de l'abscisse t_n. On peut écrire également $i = -a(p - p_0) + \mathfrak{I}$. Si a est effectivement une constante on peut calculer l'intégrale

$$\int_{p_0}^{p_0+\text{P}} i\,dp = -a\int_{p_0}^{p_0+\text{P}} p\,dp + (\mathfrak{I} + ap_0)\int_{p_0}^{p_0+\text{P}} dp = \frac{a\text{P}^2}{2},$$

mais $dp = f'(t)\,dt$, donc

$$\int_{p^0}^{p_0+\text{P}} i\,dp = \int_0^{\text{T}} if'(t)\,dt.$$

On peut, à cette dernière intégrale, appliquer le théorème de la moyenne. Alors

$$\int_0^{\text{T}} if'(t)\,dt = \mu\int_0^{\text{T}} i\,dt.$$

Or $\int_0^{\text{T}} i\,dt = \text{Q}$ — quantité totale d'électricité dégagée pendant le phénomène; donc finalement $\mu\text{Q} = \frac{a\text{P}^2}{2}$.

En première approximation, on peut prendre pour μ la valeur de la moyenne arithmétique des tangentes trigonométriques des angles que font les tangentes aux courbes des poids avec l'axe des abscisses. Or j'ai trouvé

que cette moyenne est proportionnelle au poids du sel, donc on peut poser $\mu = bP$; ceci étant, la quantité d'électricité dégagée pendant l'hydratation du sulfate de quinine serait proportionnelle au poids d'eau d'hydratation : $Q = \frac{a}{2b} P$, le coefficient $\frac{a}{2b}$ serait l'équivalent électrique de l'unité de poids de l'eau d'hydratation du sulfate de quinine.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur une classe d'hydrates peu stables appelés hydrates de gaz.* Note [1] de M. **A. Bouzat**, transmise par M. Paul Sabatier.

La composition des hydrates de gaz a fait l'objet d'un grand nombre de déterminations expérimentales.

Elle peut, d'autre part, être établie par le calcul : à l'aide des courbes de dissociation, on calcule la chaleur de formation Q à partir de l'eau liquide, q à partir de l'eau solide : le quotient de $Q - q$ par la chaleur moléculaire de solidification de l'eau est égal au nombre de molécules d'eau que contient l'hydrate. Cette méthode, indiquée par M. Le Chatelier [2] à propos de l'hydrate de chlore, a été développée par M. de Forcrand [3].

Par suite des difficultés qu'elles présentent, les diverses déterminations de la composition des hydrates de gaz ont donné des résultats assez peu concordants.

Cependant, M. Villard [4] a obtenu expérimentalement pour les hydrates de N^2O, de CO^2, de C^2H^2, de SO^2 et de CH^3Cl la même formule $M, 6H^2O$, et il a émis l'hypothèse que cette formule est celle de toutes « les combinaisons dissociables, susceptibles d'exister seulement à l'état solide, formées par l'eau avec divers gaz ».

Je me suis proposé de calculer, aussi exactement que possible, les quantités Q et q et d'examiner si les valeurs trouvées pour la différence $Q - q$ conduisent à la formule $M, 6H^2O$.

Calcul de q. — La meilleure méthode pour déterminer q paraît être d'appliquer la formule $\frac{q}{T} = k$ des systèmes univariants qui comprennent une phase gazeuse [5]. Mais il y a lieu de remarquer que la valeur de la cons-

---

(1) Séance du 3 janvier 1923.

(2) Le Chatelier, *Comptes rendus*, t. 99, 1884, p. 1076.

(3) De Forcrand, *Annales de Chimie et de Physique*, 7e série, t. 29, 1903, p. 36.

(4) Villard, *Annales de Chimie et de Physique*, 7e série, t. 11, 1897, p. 383.

(5) Le Chatelier, *Bulletin de la Société chimique*, t. 47, 1887, p. 482. — Matignon, *Comptes rendus*, t. 128, 1899, p. 103. — De Forcrand, *Annales de Chimie et de Physique*, 7e série, t. 28, 1903, p. 384 et 531.

tante k varie avec les divers groupes de systèmes [1]. On obtient un résultat exact en prenant pour k la constante des systèmes sol. $\rightleftharpoons$ sol. + gaz et pour T la température absolue à laquelle la courbe de dissociation de l'hydrate en eau solide et en gaz atteindrait la pression de 760^{mm} si elle était suffisamment prolongée. Cette valeur de T est d'ailleurs facile à déterminer : il suffit de se servir de la correspondance que présentent les courbes sol. $\rightleftharpoons$ sol. + gaz [1].

Calcul de Q. — J'ai appliqué la formule de Clapeyron en des points régulièrement distribués sur la courbe de dissociation de l'hydrate en gaz et eau liquide, et j'ai pris la moyenne des résultats ainsi obtenus. Mais on ne doit pas employer l'équation de Clapeyron intégrée. On déterminera la quantité de chaleur Q_1 absorbée par la dissociation d'une molécule de l'hydrate en se servant de la formule $Q_1 = \frac{T}{E} v \frac{dp}{dT}$. Le facteur $\frac{dp}{dT}$ est mesuré sur la courbe de dissociation. La variation de volume v se déduit du volume d'une molécule de gaz parfait par les corrections principales suivantes :

Correction (1) le gaz n'est pas parfait;

Correction (2) la molécule de gaz mise en liberté se dissout en partie;

Correction (3) la phase gazeuse contient de la vapeur d'eau.

La chaleur Q de décomposition de l'hydrate en gaz pur et en eau pure liquide est égale à la quantité Q_1 augmentée de la quantité de chaleur qui serait absorbée par le dégagement du gaz dissous [correction (4)], et diminuée de la quantité de chaleur qui serait produite par la condensation de la vapeur d'eau [correction (5)].

Bien que les calculs exigent l'emploi de diverses données numériques qui ne sont connues qu'avec une certaine approximation, j'ai trouvé, notamment pour les hydrates de Cl^2, de Br^2, de SO^2, la formule $M, 6H^2O$, conforme aux résultats expérimentaux et à l'hypothèse de M. Villard.

Il paraît exister une classe nombreuse d'hydrates caractérisée par les propriétés suivantes : leur formule est $M, 6H^2O$, ils sont peu stables, ils sont formés avec un faible dégagement de chaleur à partir des constituants pris à l'état solide, par dissociation ils perdent à la fois leurs 6 molécules d'eau.

Ces hydrates sont susceptibles de constituer d'autres hydrates plus complexes du type : $nM, n'M', (n+n')6H^2O$.

S'ils ont même formule $M, 6H^2O$, et des propriétés semblables, ils pro-

---

[1] BOUZAT, *Annales de Chimie et de Physique*, 8e série, t. 4, 1905, p. 145.

viennent pourtant de l'union avec l'eau des corps les plus divers : simples ou composés, minéraux ou organiques.

Il est remarquable que la seule combinaison connue de l'argon soit un hydrate ([1]), qui appartient vraisemblablement à cette catégorie. Ce sont des valences secondaires qui lient la molécule M aux 6 molécules d'eau; on peut attribuer comme schéma aux hydrates M, $6H^2O$ un octaèdre régulier dont les 6 molécules d'eau occuperaient les sommets.

Rosenstiehl ([2]) a, d'autre part, remarqué qu'une proportion élevée des sels cristallise avec un nombre de molécules d'eau égal à 3 ou multiple de 3, et il a présenté ce fait comme une conséquence de l'existence dans l'eau de molécules polymérisées, qui s'unissent telles quelles au sel anhydre.

MM. Delépine et Boussi ([3]) ont expliqué les faits qui ne concordent pas avec la thèse de Rosenstiehl en observant que la combinaison doit très souvent avoir pour résultat de répartir les molécules d'eau dans l'hydrate autrement que dans l'eau à l'état de liberté. C'est en effet ce qui doit se produire pour les hydrates formés avec une assez grande affinité.

Mais il semble que lorsque deux corps s'unissent avec une très faible affinité, ils gardent dans le composé formé « un état moléculaire aussi voisin que possible de celui qu'ils possèdent à l'état de liberté ([4]) ».

La nombreuse classe d'hydrates peu stables de formule M, $6H^2O$ serait ainsi de nature à faire supposer la présence dans l'eau de molécules $(H^2O)^6$, ce qui donnerait à ces hydrates la formule très simple MM', ou du moins de molécules $(H^2O)^n$, n étant probablement 3 ou un multiple de 3.

ANTHROPOLOGIE. — *Sur un nouveau matériel industriel de l'époque néolithique.* Note de M. L. Franchet.

On sait qu'à l'époque néolithique l'agriculture était déjà connue, mais jusqu'à ce jour on était resté dans une complète ignorance de ce que pouvait être le matériel agricole utilisé pour la préparation du sol.

([1]) Villard, *Comptes rendus*, t. 123, 1896, p. 377.

([2]) Rosenstiehl, *Bulletin de la Société chimique*, 4e série, t. 9, 1911, p. 77, 175, 281, 327.

([3]) Delépine et Boussi, *Bulletin de la Société chimique*, 4e série, t. 23, 1918, p. 278.

([4]) Berthelot, *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. 46, 1856, p. 491.

Il est donc intéressant de signaler la découverte d'un outillage agricole, très nombreux, trouvé dans une couche néolithique non remaniée, découverte qui vient apporter à l'histoire de la civilisation primitive des documents complètement nouveaux.

En août 1886, j'avais trouvé près de Piscop, à la lisière de la forêt de Montmorency, puis, quelque temps après, à proximité du fort de Domont, plusieurs instruments taillés, en grès lustré, possédant un faciès particulier. Ces pièces provenaient d'ateliers locaux très importants dont je ne pus alors faire une étude approfondie.

Vingt-quatre ans plus tard, en 1910, le Dr Cotard récoltait, sur la butte du Prieuré (territoire de Saint-Leu) d'autres grès taillés.

Enfin, le 3 juin 1921, M. Louis Giraux trouvait également, au cours de recherches géologiques dans la région de Chauvry, quelques outils particulièrement intéressants.

M. Giraux et moi décidâmes alors d'entreprendre, en collaboration, une étude complète des ateliers néolithiques de la forêt de Montmorency et de procéder à des fouilles méthodiques. Nos recherches aboutirent à la découverte de plusieurs ateliers. Au mois de septembre 1921, nous commençâmes les fouilles dans un grand atelier situé à l'est de la butte du Prieuré, et, peu après, à Piscop. Les fouilles, que nous poursuivons sans discontinuer depuis cette époque, nous ont donné un très grand nombre d'instruments situés dans une couche archéologique intacte, d'une épaisseur moyenne de $0^m,60$, reposant sur un banc de sable de Fontainebleau, généralement ferrugineux. A la base du gisement, on rencontre fréquemment des blocs de grès présentant des traces de travail humain. On y trouve également, reposant sur le sable, de nombreux foyers allumés par les tailleurs de grès.

Il y a absence totale d'objets polis ou préparés pour le polissage, de pointes de flèches et de céramique.

Un grand nombre des outils taillés appartient à des types qui n'avaient jamais été signalés jusqu'ici et leur destination serait demeurée une énigme sans le secours de l'ethnographie qui nous a permis de les diviser en deux séries principales : les outils agricoles et les outils à travailler le bois.

Outils agricoles. — Nous en avons trouvé trois catégories : les socs de charrue, les houes et les pics. Une quatrième catégorie semble devoir être considérée comme des dents de herse, mais, pour résoudre complètement cette question, des renseignements ethnographiques complémentaires sont indispensables, bien que ceux que je possède déjà paraissent bien probants.

Nous avons rencontré trois types de socs : les socs massifs à section triangulaire, ceux à section quadrangulaire et les socs plats. Tous ces instruments soigneusement taillés dans des blocs de grès affectent des formes nettement déterminées pour faciliter le travail du sol. Ils atteignent parfois le poids de 10^{kg}.

Les houes sont triangulaires, carrées ou à tranchant arrondi.

Les pics présentent une grande variété de formes.

Je dois signaler ce fait remarquable que ces instruments agricoles néolithiques sont bien les ancêtres de nos instruments modernes, ceux-ci ayant été à peine modifiés depuis ces époques reculées.

Outils à travailler le bois. — Ces outils sont de formes très variées, mais les plus nombreux sont ceux qui servaient à équarrir et à percer; parmi les premiers, beaucoup sont fortement arqués et parfois de grande dimension ($0^m,40$), lourds en proportion (jusqu'à 3^{kg}). Puis on trouve tous ceux qui permettaient par leur taille, de plus en plus réduite (2^{cm} à 3^{cm}), de débiter peu à peu la pièce de bois à l'état de petits objets nécessaires à la vie courante.

Comme instruments tranchants : des ciseaux (abondants) et de rares tranchets d'un type très primitif.

Parmi les racloirs, il y a plusieurs formes nouvelles, notamment des racloirs dentés ne pouvant être assimilés aux scies néolithiques classiques de l'époque robenhausienne.

Age des ateliers. — Il serait prématuré de fixer dès maintenant l'âge exact de ces ateliers. Cependant l'outillage par sa technique générale ne peut être postérieur au Campignien, d'autant plus que les ciseaux et les tranchets sont d'un type tout à fait primitif.

BOTANIQUE. — *Sur la persistance des caractères provoqués par la salure.* Note de M. **Pierre Lesage**, présentée par M. Guignard.

Dans mes cultures de 1922, exécutées avec le *Lepidium satirum*, j'ai fait deux groupes très distincts : dans le premier, j'ai continué les cultures en pots, sous châssis, commencées en 1911; dans le second, j'ai semé les graines de 1916 à 1921 sur une plate-bande, en pleine terre, plein air, avec des arrosages à l'eau ordinaire partout pour voir ce que devenaient les caractères des plantes salées dans ces nouvelles conditions. Ce sont les

principaux résultats de ce second groupe que je me propose de donner ici.

Voyons d'abord quelques-uns des caractères par lesquels les plantes arrosées avec des solutions de sel marin peuvent se distinguer des témoins non salés. Parmi ces caractères, j'en ai signalé et employé plus particulièrement quatre : la taille des plantes, le nombre de grosses graines pour 1000, le poids de 1000 de ces graines et enfin le rapport de leur longueur à leur largeur. Voici, pris dans les cultures salées de 1922, un Tableau de moyennes qui donne une idée des différences que je désire considérer en ce moment :

Culture.	Taille.	Grosses graines pour 1000.	Poids de 1000.	$\frac{\text{Longueur}}{\text{Largeur}}$.
Salée	$26^{cm},3$	430	$2^{g},480$	1,628
Témoin	$40^{cm},3$	892	$2^{g},935$	1,904

D'après ce Tableau, les plantes salées ont une taille plus petite, produisent des grosses graines plus courtes, en nombre relativement plus faible, avec un poids moins fort que dans les plantes témoins. Ces différences sont assez marquées.

Nous allons voir ce qu'elles deviennent quand on les recherche dans les plantes non salées, mais issues des graines des plantes salées de 1916 à 1921 et semées en 1922.

Avant d'en arriver là, il me paraît utile de relever dans mes notes les mesures concernant les plantes salées et les témoins pendant cette période de six années afin de pouvoir faire des comparaisons.

Caractère.	Culture.	1916.	1917.	1918.	1919.	1920.	1921.
Taille (cm)	Salée	31,7	17,7	21,3	24,0	38,1	33,5
	Témoin	37,2	32,6	32,8	35,0	63,9	41,5
Grosses graines pour 1000	Salée	389	314	203	120	864	384
	Témoin	728	687	672	722	821	542
Poids de 1000 graines (gr)	Salée	2,680	2,560	2,583	2,371	2,754	2,500
	Témoin	2,978	3,085	2,892	2,772	3,014	2,543
$\frac{\text{Longueur}}{\text{Largeur}}$	Salée	"	"	"	"	1,540	1,690
	Témoin	"	"	"	"	1,944	1,974

Il faut dire que les nombres ci-dessus ne sont réellement comparables que dans la même année, parce que diverses conditions extérieures et le sol des cultures, le même seulement dans la même année, ont certainement varié d'une année à l'autre. Sous le bénéfice de cette restriction, on voit que les différences entre les plantes salées et les témoins se sont toujours montrées, dans ces années 1916 à 1921, de même sens qu'en 1922, abstraction faite des nombres de grosses graines de 1920, qui sont à retenir pour plus tard.

Voyons maintenant si ces caractères se maintiennent aussi tranchés dans les plantes arrosées à l'eau ordinaire, mais issues de plantes salées. Un peu avant 1916, j'avais pris l'habitude de cultiver des plantes salées, des plantes témoins et des plantes non salées issues des plantes salées de l'année précédente, pour chercher à saisir des faits d'hérédité s'il s'en produisait dans cette première génération de plantes non soumises à la salure. Comme j'ai gardé des graines de toutes mes cultures depuis 1911, en les semant en 1922, j'ai obtenu des plantes qui, toutes arrosées à l'eau ordinaire, me donnaient des plantes de première génération (1re G.), de deuxième génération (2e G.) non salées et la continuité des témoins. Un exemple pour préciser : avec les graines de 1918, dans le second groupe indiqué au commencement de cette Note, j'avais des témoins continuant les témoins de 1911, des plantes de première génération provenant de plantes qui avaient été salées jusqu'en 1918, c'est-à-dire pendant huit années, et des plantes de deuxième génération provenant de plantes arrosées à l'eau ordinaire en 1918, mais issues de plantes salées jusqu'en 1917, c'est-à-dire pendant sept ans

Le Tableau suivant nous donne les moyennes des mesures prises dans cette longue série.

Caractère.	Culture.	1916.	1917.	1918.	1919.	1920.	1921.
Taille (cm)...	1re G........	44,8	43,3	44,7	39,5	45,8	44,6
	2e G.........	41,8	51,1	48,6	43,9	50,9	48,6
	Témoin......	44,0	44,4	46,2	42,9	43,5	45,8
Grosses graines pour 1000...	1re G........	628	617	476	899	669	747
	2e G.........	622	847	839	407	559	820
	Témoin......	635	762	730	659	447	890
Poids de 1000 graines (gr)	1re G........	2,609	2,616	2,506	2,943	2,817	2,838
	2e G.........	2,456	2,734	2,625	2,332	2,750	2,974
	Témoin......	2,711	2,746	2,739	2,874	2,621	2,907
$\frac{\text{Longueur}}{\text{Largeur}}$.....	1re G........	1,651	1,677	1,707	1,627	1,687	1,646
	2e G.........	1,734	1,687	1,617	1,740	1,742	1,524
	Témoin......	1,945	1,972	1,924	1,026	2,000	1,937

Dans ce groupe, le sol, plate-bande de jardin en plein air, les arrosages, toutes les conditions étaient les mêmes moins l'origine des graines, par conséquent les mesures peuvent se comparer dans les six années du troisième Tableau; mais, si l'on veut les comparer à celles du deuxième Tableau, il faut se rappeler que celui-ci donne des mesures prises sur des plantes cultivées en pots, sous châssis et dans des sols différents d'une année à l'autre et différents de la terre de la plate-bande.

Comme ces expériences seront continuées, je n'interpréterai pas rigoureusement ces mesures, je me contenterai de relever quelques particularités pour les retenir.

D'abord les graines de 1916 ont gardé leur faculté germinative après six ans, c'est-à-dire au delà de la limite indiquée par les auteurs. La première génération de 1919 a donné des mesures non comparables aux autres, cela tient à des causes que je ne puis indiquer ici. La taille reste homogène dans les témoins, tandis qu'il y a des oscillations assez marquées dans les générations non salées des plantes antérieurement salées; il y a là matière à recherche. Il en est un peu de même pour le nombre relatif des grosses graines. Le poids et la forme des graines rappelleraient davantage le sens des différences qui existent entre les témoins et les plantes salées; ils marqueraient le mieux une certaine persistance dans les caractères provoqués par la salure.

CHIMIE AGRICOLE. — *Étude biochimique des sols forestiers.* Note de MM. **Antonin Němec** et **Kvapil Karel**, présentée par M. L. Maquenne.

Les sols forestiers diffèrent très nettement dans leurs caractéristiques principales de ceux des grandes cultures agricoles. Malgré les nombreuses études faites sur ceux-ci, les propriétés des sols forestiers sont jusqu'à présent relativement peu connues, quoique cette connaissance offre un intérêt vraiment particulier, non seulement au point de vue de la science pure, mais surtout à celui de la pratique sylvicole.

Il est d'une grande importance de se rendre compte de la manière dont les diverses essences et formes des peuplements forestiers réagissent sur l'érémacausis du sol. Dans ce but, nous avons étudié d'abord l'influence de diverses essences sur certaines réactions biochimiques du sol, permettant de conclure sur son activité biologique, c'est-à-dire sur les deux principales formes de son acidité (acidité active et acidité échangée contre la solution normale de chlorure de potassium) et sur son pouvoir catalytique.

Des nombreuses expériences (plus de 120) que nous avons faites sur divers humus, terres végétales et minérales des forêts tchécoslovaques nous extrayons quelques résultats dans les Tableaux suivants.

L'acidité du sol fut déterminée par la méthode colorimétrique de

Michaelis [1] (30g de terre pour 100cm³ d'eau ou de chlorure de potassium normal); l'activité catalasique fut mesurée en centimètres cubes d'oxygène libéré de l'eau oxygénée à 3 pour 100 (1g de substance pour 40cm³ d'eau et 20cm³ d'eau oxygénée).

TABLEAU I.

Sols argilo-siliceux de Trĕmošnica, Bohême.

Essences.		Acidité en *p*H active.	Acidité en *p*H échangée.	Catalase. — Oxygène dégagé en 10 minutes. cm³
Futaie de hêtre âgée de 80 ans..	Humus...........	5,9	4,4	68,7
	Terre minérale....	5,9	4,0	4,6
Futaie d'epicea âgée de 80 ans.	Humus...........	4,6	3,8	29,2
	Terre minérale....	5,8	3,7	1,1
Mélange de hêtre et d'epicea..	Humus...........	5,0	4,6	42,2
	Terre minérale....	6,2	4,25	21,2
Futaie de pin sylvestre avec jeune taillis de chêne......	Humus...........	5,5	4,5	51,9
	Terre minérale....	5,7	4,0	9,3
Futaie de chêne avec jeune taillis de charme...........	Terre végétale....	6,0	5,0	16,6
	Terre minérale....	6,1	4,2	3,7
Taillis de tilleul, charme et érable..................	Humus...........	5,9	5,3	35,6
	Terre minérale....	6,1	4,3	4,7
Gaulis d'epicea.............	Humus...........	4,9	3,9	36,0
	Terre minérale....	5,5	4,2	8,5

TABLEAU II.

Sols argileux de Kolodĕje (Bohême).

Essences.		Acidité en *p*H active.	Acidité en *p*H échangée.	Catalase. — Oxygène dégagé en 10 minutes. cm³
Futaie de chêne pédonculé...	Humus...........	5,2	3,3	9,2
	Terre minérale....	5,0	4,0	2,0
Futaie d'epicea rabougrie....	Humus...........	4,0	4,0	11,6
	Tourbière sous sol.	4,9	4,2	8,8
Futaie de pin sylvestre......	Humus...........	4,6	3,0	18,7
	Terre minérale....	5,1	3,1	0,0

(1) *Wochensch. f. Brauerei*, t. 38, n° 21, 1921; *Bioch. Zeitsch.*, t. 109, 1920, p. 165.

TABLEAU III.

Influence de l'essence sur l'acidité des sols de diverses compositions physiques.
Acidité active en pH.

Nature des sols.		Epicea.	Pin sylvestre.	Chêne ou hêtre.
Sol argileux de Kolodèje	Humus...........	4,1	4,6	5,2
	Terre minérale....	4,9	5,1	5,0
Sol sablonneux de Turnov....	Humus...........	4,8	4,9	5,4
	Terre minérale....	5,5	5,1	5,7
Sol argilo-siliceux de Třemošnica.................	Humus...........	4,9	5,2	5,9
	Terre minérale....	5,5	5,5	6,0

Il faut remarquer que les échantillons de certains groupes, indiqués dans les Tableaux, furent tirés d'endroits éloignés seulement de quelques mètres, afin de pouvoir exclure pratiquement les variabilités possibles dans le caractère du sol même, de façon qu'on pouvait être assuré que les changements intervenus dans les propriétés biochimiques de la terre sont bien dus seulement aux réactions des peuplements examinés.

En conséquence de toutes ces observations il résulte que l'acidité active d'un même sol forestier diffère très nettement sous l'influence des diverses espèces et formes de son peuplement. En général, on peut constater que l'humus des futaies feuillues montre une acidité active moins grande que celui des espèces à feuilles persistantes de la même région. Ces relations sont exprimées aussi dans la mesure de l'acidité échangée. Les sols portant des mélanges d'espèces feuillues et de conifères se présentent moins acides que ceux des peuplements feuillus ou aciculaires purs sur le même terrain.

Il n'est pas sans intérêt de remarquer que l'acidité de l'humus et de la terre minérale sous la même espèce dépend beaucoup de la nature du sol considéré.

On voit dans le Tableau III que l'acidité active du sol, sous l'influence de la même essence pure, feuillue ou aciculaire, de la région argileuse de Koloděje est beaucoup plus élevée en comparaison avec celle des sols sablonneux de Turnov, tandis que les peuplements sur le sol argilo-siliceux de Třemošnice fournissent les données les plus basses.

PHYSIQUE VÉGÉTALE. — *La croissance des végétaux et les principes de la Physique.* Note de M. V. Crémieu, présentée par M. Daniel Berthelot.

Le but de la présente Note est de grouper des faits connus et quelques faits nouveaux pour mettre en évidence la façon particulière dont la matière végétale en voie de croissance se comporte par rapport aux principes de la Physique.

1° Le processus de la *croissance* met en jeu une propriété spéciale aux végétaux, le *géotactisme*. Le résultat final de ce phénomène est d'élever, contre la pesanteur, toute la matière qui constitue la tige, les feuilles et les fruits, à une hauteur finie, en un temps fini.

Par exemple 125^{kg} de graines d'avoine répandus sur un hectare de terre élèvent, en 4 mois, un poids de 1500^{kg} de grains et 3000^{kg} de paille à une hauteur d'environ $0^m,60$; l'évolution végétale a, dans ce cas, produit 2700^{kgm} contre la pesanteur. L'énergie nécessaire est empruntée à la radiation solaire et aux combinaisons chimiques que la nutrition met en jeu. Mais ce qui caractérise la croissance, c'est qu'elle utilise cette énergie pour pousser de la matière en sens inverse de celui que suivrait la matière pesante abandonnée à elle-même.

On sait d'ailleurs que, si l'on fixe par la graine encore adhérente des plantules déjà germées, de façon que la tige soit placée horizontalement, la croissance continue de façon telle que la tige s'incurve vers le haut, la racine vers le bas, et que ses parties neuves redeviennent verticales.

2° On sait par les expériences de Knight et autres savants que si, à la périphérie d'un disque horizontal, pouvant tourner autour d'un axe vertical passant par son centre, on fixe des plantules de façon que leur tige soit verticale, on observe ce qui suit. Lorsqu'on fait tourner le disque, la croissance de la tige se poursuit de telle façon que les parties nouvelles se rapprochent de l'axe, suivant une direction centripète parallèle à la résultante entre le champ gravifique terrestre et le champ centrifuge dû à la rotation du disque. Quant aux parties nouvelles de la racine, elles s'incurvent suivant une direction centrifuge.

Si la vitesse de rotation devient suffisante, le champ centrifuge devient grand par rapport au champ terrestre. La tige pousse alors horizontalement, vers l'axe, et la racine en sens contraire; ceci montre que l'effet du

géotactisme ne dépend pas de la masse pesante des cellules en voie de croissance.

3° Rappelons le processus morphologique de la croissance de la tige.

Une ou plusieurs cellules *initiales* émettent des segments de méristème entre les parties déjà poussées de la plante et la cellule initiale. Ces segments se cloisonnent et donnent naissance à des tissus nouveaux *en dessous* de l'initiale, qui demeure initiale tant que dure la croissance. Tout se passe donc comme si l'initiale était repoussée par la terre. Cependant, détachée du végétal, elle est régulièrement pesante et d'ailleurs le poids d'un végétal augmente à mesure qu'il croît. Il existe donc une *action caractéristique* de la cellule initiale.

J'ai cherché à déterminer expérimentalement si cette action se produit au sein de la cellule, ou résulte au contraire d'un champ extérieur à elle, dû à sa présence et combinant, dans son voisinage, ses effets avec ceux du champ gravifique terrestre.

D'après le poids de matière qu'une tige élève contre la pesanteur, en un temps donné, on calcule le travail de la croissance par seconde. Il est, par exemple, de $\frac{3}{100}$ d'erg pour une tige jeune de maïs ou d'oignon.

Si ce travail résulte de l'existence d'un champ extérieur à la cellule, la valeur de celui-ci sera, dans son voisinage immédiat, de quelques centièmes de dynes; par suite de l'ordre du $\frac{1}{10000}$ du champ terrestre, et par conséquent mesurable par ses effets sur un corps d'épreuve approprié.

J'ai pris le plateau d'une micro-balance sensible au $\frac{1}{250}$ de milligramme, c'est-à-dire à des effets dix fois plus grands, environ, que ceux à mettre en évidence.

Le bord supérieur des cellules initiales du végétal était suivi avec la lunette d'un cathétomètre; l'axe de la tige en expérience était placé en face du centre du plateau en dessous de celui-ci, et de façon que la distance était d'environ 1^{cm} au commencement de l'expérience.

Tout le dispositif était protégé contre les courants d'air ou les actions phototropiques, la température du laboratoire étant, par ailleurs, constante et uniforme.

L'expérience a été répétée avec des tiges d'avoine, de maïs, de pommes de terre et d'oignon.

Aucun mouvement du plateau n'a été observé jusqu'au moment du *contact apparent*, c'est-à-dire jusqu'à ce que le bord supérieur de l'initiale ait coïncidé (au pouvoir séparateur de la lunette près, soit $\frac{1}{50}$ de millimètre) avec la face inférieure du plateau.

J'ai observé, de plus, les particularités suivantes, immédiatement après le premier contact. A l'instant précis où il paraît se produire, le plateau est brusquement lancé vers le haut; il exécute une série de petites oscillations, limitées vers le bas, par des

chocs contre l'initiale, au contact de laquelle il s'arrête après quelques secondes. Quelques secondes après il reçoit une nouvelle impulsion, suivie d'une série d'oscillations, d'un arrêt, d'une autre impulsion et ainsi pendant quelques minutes.

Les impulsions successives sont d'intensités décroissantes jusqu'au moment où la tige paraît pousser d'une manière continue, mais obliquement, en déviant le plateau. Cette apparence résulte de ce que la pression exercée par le plateau sur le bord supérieur des initiales va en augmentant à mesure que le fléau de la micro-balance s'infléchit davantage par suite de la croissance de la tige. Il arrive un moment où l'impulsion due à l'émission d'un segment de méristème devient insuffisante pour lancer le plateau.

Mais on peut conclure de ces résultats que *l'action* qui provoque l'émission des segments du méristème est discontinue, et tout à fait comparable à l'émission d'un rayon alpha par un atome radioactif.

L'émission d'un segment de méristème correspond à une certaine valeur de la turgescence de la cellule, qui finit par éclater. Or l'accroissement de la turgescence résulte d'échanges à travers la paroi semi-perméable constituée par l'enveloppe de la cellule. C'est là un processus continu et il est remarquable que les effets qu'il produit soient discontinus.

On peut, de l'ensemble des faits exposés ci-dessus, tirer la conclusion suivante :

La croissance des tiges végétales est due à une *action caractéristique intérieure aux cellules initiales, indépendante de la masse pesante de ces cellules ; cette action est discontinue et dirige ses effets suivant la résultante des champs qui règnent au sein de la cellule, sans discerner entre les champs gravifiques ou les champs d'inertie.*

CYTOLOGIE. — *Sur le vieillissement de la cellule hématique.* Note de M. L.-M. Betancès, transmise par M. F. Henneguy.

Dans une précédente Note ([1]), nous avions établi que la chromatine de la cellule hématique des Métazoaires passe, lors de son vieillissement, par une série régulière et constante de formes *irréversibles* ([2]). On constate ces formes aussi bien dans la cellule différenciée spécifiquement dans le sens

([1]) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 1002.

([2]) Il est bien entendu que nous appelons *formes* de la chromatine celles qu'on obtient au moyen de précipitations ou de coagulation du gel nucléaire. En outre, en dehors de cette série de formes, la chromatine peut subir d'autres modifications à certains moments de l'acte sécrétoire de la cellule, ou bien dans une cellule anormale.

érythrocytaire ou dans le sens granulocytaire que dans celle qui ne se différencie pas dans l'un ou l'autre de ces sens (cellules lymphocytaires et monocytaires). Pour pouvoir établir ces différentes formes, confusément décrites et souvent mal interprétées, nous avons dû suivre le développement de cette cellule depuis son apparition chez l'embryon jusqu'à son stade le plus hautement différencié chez l'animal adulte, c'est-à-dire jusqu'à sa forme circulante, forme dont on n'en voit dériver aucune autre. D'autre part, étant donné que le gel nucléaire peut subir des modifications physico-chimiques variables suivant les réactifs employés, nous avons dû traiter les cellules par un seul et même réactif (alcool méthylique-éosinate de bleu de méthylène) et en les plaçant dans les mêmes conditions (impression sur lame), afin d'éloigner toute cause dans les variations de ces formes qui ne fussent celles purement intracellulaires. Nous rappelons et nous insistons sur ce fait, que ces formes ne sont pas caractéristiques de l'une ou de l'autre espèce cellulaire, comme il a été dit : la forme poussiéroïde ou finement réticulaire, la forme à travées ou petites masses plus épaisses, ne représentent que les stades de repos, d'accroissement ou précinétique du noyau, tandis que l'épaississement grossier de ces travées ou de ces petites masses, leur disposition vers la périphérie nucléaire ou leur diffusion (pycnose, chromatorrhexis, chromatolyse), et l'isolement, la réduction et la vacuolisation du nucléole ne sont que des états qui se suivent à partir d'un certain moment pendant sa différenciation ontogénétique.

Il s'agit maintenant de savoir quel rapport peut exister entre ces variations morphologiques de la chromatine, le milieu et certaines fonctions de la cellule. Nous dirons de suite que nous n'en avons trouvé aucun. D'abord, elles s'observent aussi bien dans les cellules de la moelle osseuse que dans celles de la rate ou des autres formations lymphatiques, elles se suivent aussi bien dans celles du stroma connectif en général.

Ensuite, si nous acceptons que la différenciation spécifique de la cellule hématique est une différenciation purement fonctionnelle, représentée par les structures cytoplasmiques qu'on observe dans les cellules érythrocytaires et granulocytaires, ces formes de la chromatine n'ont plus aucun rapport avec ces fonctions, car elles se constatent dans l'un et l'autre cas, ainsi que dans les cellules lymphocytaires et monocytaires. Si ces formes sont sous la dépendance d'une fonction cellulaire, cette fonction nous échappe ou au moins elle n'est pas évidente et serait commune à toutes les variétés de cellules sanguines. En somme, d'après nos recherches, ces struc-

tures nucléaires ne s'expliquent que comme des états physico-chimiques du gel nucléaire, qui se suivent progressivement sans aucun rapport évident ni avec le milieu, ni avec la fonction, mais avec la progressive sénescence, normale nous pouvons dire, de la cellule. Il est possible qu'un déséquilibre physico-chimique ou bien une dégradation chimique des composants nucléaires se produisent à ce moment et que les produits de cette dégradation passent dans le cytoplasme et soient utilisés par lui, comme cela paraît se passer dans la cellule érythrocytaire (J. Carracido); mais, ce fait, nous n'avons pu le généraliser à toutes les cellules.

Quant à la différenciation ontogénétique du cytoplasme, caractérisée par la perte graduelle de sa basophilie, de l'endoplasme vers le périplasme, et l'épaississement de celui-ci, nous pouvons en dire autant que sur le noyau : elle n'est en relation ni avec le milieu, ni avec la fonction apparente de la cellule, mais avec un état spécial physico-chimique du gel colloïdal.

La notion principale qu'on peut tirer de ces données est que, normalement, la cellule hématique circulante des Métazoaires, que ce soit dans le sang ou dans le parenchyme même, n'est qu'une « momie », c'est-à-dire un gel plus condensé, incapable de jouer un rôle vital supérieur (croissance, reproduction, différenciation), mais seulement un rôle comme ceux que peuvent jouer certains corps (catalyseurs, hormones) ou ceux qui se traduisent par certaines figures d'amiboïsme ou de phagocytose.

MICROBIOLOGIE. — *Dissociation du complexe toxine antitoxine diphtérique et récupération d'antitoxine.* Note de M. G. **Ramon**, présentée par M. Roux.

Dissocier le complexe toxine antitoxine qui se forme dans un mélange de sérum et de toxine, pouvoir récupérer l'un des éléments de ce complexe avec ses propriétés spécifiques, c'est un problème qui n'est pas sans intérêt au point de vue de la recherche de la nature de la réaction toxine antitoxine et de la connaissance des lois qui régissent les rapports des anticorps et des antigènes en général.

Dans les travaux consacrés à l'étude de ce problème, si les expérimentateurs [et en particulier Morgenroth et ses collaborateurs (1) dans le cas qui

(1) Morgenroth, *Zeitsch. f. Hyg.*, 1904, p. 177. — Morgenroth et Villanen, *Verchow's trchv*, 1907, p. 378. — Morgenroth et Ascher, *Centralb. f. Bakter.*, I, Origin 1912, p. 510.

nous intéresse] ont pu dans une certaine mesure dissocier les complexes, s'ils ont réussi à mettre en évidence cette dissociation par l'augmentation de toxicité, pour un animal donné, d'un mélange primitivement inoffensif pour cet animal, il n'y a eu à proprement parler ni récupération, ni isolement de l'élément toxique ([1]). Seuls peut-être Calmette et Massol ([2]), dans le cas très spécial, il est vrai, du mélange venin sérum antivenimeux, ont pu extraire le venin avec à peu près toute sa toxicité.

Mettant à profit des données nouvelles sur certaines propriétés des mélanges de sérum et de toxine diphtériques, nous avons repris le problème en cherchant à dissocier le complexe pour essayer d'en retirer non pas le constituant toxique, mais au contraire l'élément antitoxique.

Lorsque l'on mêle sérum et toxine diphtériques de façon à constituer des mélanges neutres ou au voisinage de la neutralité, c'est-à-dire ou légèrement toxiques ou faiblement antitoxiques, on constate dans ces mélanges l'apparition d'une floculation très nette ([3]).

Cette floculation aboutit à la formation d'un précipité qui se rassemble plus ou moins rapidement au fond du récipient.

Le précipité recueilli après centrifugation, puis lavé à l'eau physiologique (dans laquelle il se montre insoluble), possède les mêmes qualités spécifiques que le mélange qui lui a donné naissance; autrement dit, il se montre ou antitoxique ou neutre ou toxique suivant que le mélange initial possédait lui-même l'une ou l'autre de ces trois qualités. En réalité, comme la suite le prouvera, ce précipité contient le complexe toxine antitoxine qui s'est formé dans le mélange.

Après avoir été centrifugé et lavé à plusieurs reprises à l'eau physiologique, puis une dernière fois, rapidement, à l'eau distillée glacée, le précipité débarrassé ainsi de la plus grande partie des sels qu'il contenait et qui provenaient soit de la toxine, soit du sérum, se dissout lentement dans l'eau distillée, à la température ordinaire. L'élimination des électro-

---

([1]) Si l'on injecte séparément à un cobaye, d'une part, la dose toxine et, d'autre part, la quantité de sérum capable de la neutraliser exactement après contact dans le verre à expérience, cette quantité de sérum est dans ces conditions d'injection séparée insuffisante pour protéger l'animal qui meurt intoxiqué. De même dans le cas du complexe dissocié, toxine et sérum coexistent dans le mélange sans être combiné. Il en résulte l'augmentation de toxicité constatée.

([2]) Calmette, *Annales de l'Institut Pasteur*, 1895. — Calmette et Massol, *Annales de l'Institut Pasteur*, 1908.

([3]) G. Ramon, *Comptes rendus de la Société de Biologie*, 1922.

lytes rend déjà le complexe que renferme la solution, moins solide, et entraîne un commencement de dissociation, ainsi qu'on peut s'en rendre compte par l'expérimentation sur le cobaye.

Si l'on fait ensuite intervenir l'action décomposante d'un acide même faible, tel que l'acide acétique à doses très minimes 1 pour 1000, 1 pour 1500, la dissociation est encore plus complète. Aussi, si l'on chauffe cette solution très légèrement acidifiée, à 58° pendant une heure, cette température agissant sur les éléments dissociés va affaiblir considérablement l'élément toxique, alors qu'elle laissera presque intacte l'antitoxine (1) : c'est ce que montrent les essais *pratiqués sur l'animal d'expériences.* Mais choisissons le cas le plus démonstratif : celui d'un mélange toxique. Constituons ce mélange avec 600$^{cm^3}$ de toxine et 20$^{cm^3}$,5 de sérum antidiphtérique. Le précipité qui en est issu, lavé et émulsionné dans 75$^{cm^3}$ d'eau physiologique, tue le cobaye en 48 heures à la dose de 1$^{cm^3}$ de l'émulsion. Après avoir centrifugé et remis ce précipité en solution dans 75$^{cm^3}$ d'eau distillée, traitons cette solution comme il vient d'être dit. Après action de l'acide acétique et de la chaleur, *la solution ne tue plus le cobaye, bien au contraire elle est capable, à la dose de* 1$^{cm^3}$, *de protéger l'animal contre plusieurs centaines de doses mortelles d'une toxine diphtérique qu'on lui ajoute. Dosée dans les mêmes conditions qu'un sérum ordinaire, elle titre près de* 20 *unités !*

Avec des mélanges neutres ou antitoxiques on peut obtenir des résultats analogues. D'un précipité légèrement antitoxique qui contenait primitivement un excès d'antitoxine correspondant à 5 unités au centimètre cube (le précipité étant dissous dans 75$^{cm^3}$ d'eau), nous avons pu recueillir jusqu'à 60 unités au centimètre cube, la solution d'antitoxine récupérée renfermait près des trois quarts du total des unités entrant dans la constitution du mélange initial. Ainsi, en traitant par un acide faible et par la chaleur ménagée le précipité spécifique qui se forme dans un mélange antitoxique neutre ou même toxique et dont on a éliminé en grande partie les sels qui l'accompagnent, il est possible non seulement de dissocier le complexe, mais aussi d'obtenir une véritable solution d'antitoxine. Cette solution d'anti-

(1) La toxine diphtérique est en effet très sensible à l'action de la chaleur et aussi des acides même faibles (Roux et Yersin). A ce propos nous n'avons pas été sans être étonné des résultats obtenus par certains auteurs qui font agir sur les mélanges des acides à doses relativement fortes et qui constatent cependant une augmentation de toxicité (Morgenroth).

toxine est capable de jouer vis-à-vis de la toxine le même rôle neutralisant qu'un sérum antidiphtérique ordinaire [1].

La possibilité de cette dissociation et de cette récupération prouve nettement que la combinaison toxine antitoxine est une combinaison tout à fait instable.

HYGIÈNE PROFESSIONNELLE. — *Rôles respectifs du plomb et de l'essence de térébenthine dans la pathologie professionnelle des peintres.* Note de MM. **F. Heim**, **E. Agasse-Lafont** et **A. Feil**, présentée par M. Widal.

La profession de peintre a été, de tout temps, considérée comme exposant aux accidents saturnins en raison du maniement des couleurs plombiques : céruse notamment.

Au cours de ces dernières années, divers auteurs anglais ont repris une hypothèse, émise il y a plus de 60 ans, sur le rôle pathogénique de l'essence de térébenthine dans les accidents professionnels : hypertension, cardio-rénaux, et néphrite, présentés par les peintres, accidents imputés, à tort, selon eux, au plomb.

Il est établi que l'essence de térébenthine, ingérée à doses fortes ou longtemps prolongées, est toxique et lèse plus ou moins profondément les appareils cardio-vasculaire et rénal.

Mais a-t-elle la même action chez les ouvriers peintres exposés seulement à l'inhalation d'un air plus ou moins chargé de vapeurs d'essence de térébenthine?

Cette question, d'importance primordiale pour l'hygiène professionnelle, peut être tranchée par la comparaison de plusieurs enquêtes, par nous poursuivies sur trois catégories d'ouvriers peintres : les uns n'ayant jamais manié que la peinture au blanc de zinc; les autres, au contraire, maniant les couleurs de plomb; les derniers enfin ayant, autrefois, manié les couleurs plombiques et ne maniant plus, actuellement, que la peinture au blanc de zinc.

Nos constatations peuvent être résumées comme suit :

Sur un total de 21 ouvriers qui n'ont jamais manié que le blanc de zinc et l'essence de térébenthine, nous ne relevons aucun cas de manifestations

---

[1] Dissociation et récupération peuvent s'opérer à partir de mélanges même anciennement préparés.

rénales pathologiques (ni signes cliniques, ni albuminurie, ni cylindrurie, ni azotémie anormale); d'autre part, une hypertension notable n'existe que chez deux d'entre eux, c'est-à-dire dans une proportion de 9 pour 100.

Au contraire, chez 14 ouvriers, ayant manié autrefois la céruse et venus ensuite, plus ou moins tardivement, au blanc de zinc, nous relevons deux cas d'albuminurie (soit 14 pour 100) et deux cas d'hypertension (14 pour 100).

Enfin, sur un total de 200 peintres maniant encore, au moment de l'examen, les sels de plomb, la proportion des cas d'hypertension a été de 30 pour 100.

Les accidents rénaux s'élèvent de 0 à 14 pour 100, si l'on passe de la première catégorie à la seconde, c'est-à-dire des ouvriers qui tout en maniant la térébenthine n'ont jamais manié le plomb, aux ouvriers qui ont été exposés antérieurement au saturnisme.

De même l'hypertension est relativement rare chez les ouvriers maniant exclusivement la térébenthine (9 pour 100), c'est là une proportion normale chez des ouvriers pour lesquels aucune intoxication professionnelle ne peut être invoquée, et qui s'explique par les autres causes banales (influence de l'âge, des maladies antérieures, éthylisme, etc.).

L'hypertension est plus fréquente chez ceux qui ont manié antérieurement le plomb (14 pour 100), et surtout chez ceux qui y sont exposés encore au moment de l'examen (30 pour 100).

Les chiffres de morbidité professionnelle, ci-dessus, relatés, nous paraissent confirmer, d'une façon indubitable, que chez les ouvriers peintres, c'est non pas l'essence de térébenthine, mais bien le plomb et ses composés qui sont la cause habituelle des lésions rénales et de l'hypertension.

La séance est levée 16 heures et demie.

É. P.

ERRATA.

(Séance du 3 janvier 1923.)

Note de M. *Stanislas Millot*, Sur la probabilité *a posteriori* :

Page 31, ligne 2, *au lieu de*

$$z - l \leqq \frac{n}{m} < z + l,$$

lire

$$z - l \leqq \frac{r}{m} \leqq z + l.$$

Même page, ligne 2 en remontant, *au lieu de* Il est inutile, *lire* Il est utile.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 29 JANVIER 1923.

PRÉSIDENCE DE M. ALBIN HALLER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie que le Tome 170 (janvier-juin 1920) des *Comptes rendus* est en distribution au Secrétariat.

M. **M. Hamy** fait hommage à l'Académie de l'*Annuaire pour l'an* 1923 *publié par le Bureau des Longitudes*.

CORRESPONDANCE.

M. **A. Karpinsky**, Président de l'Académie des Sciences de Russie, exprime à l'Académie, au nom de cette compagnie, les sentiments de profonde vénération et de sincère gratitude inspirés par *Pasteur*.

M. **Philippe Glangeaud**, élu Correspondant pour la Section de Minéralogie, adresse des remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Blanchiment, *Teinture*, *Impression*, *Apprêts*, par P. Lederlin. (Présenté par M. Ch. Moureu.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'itération des fonctions multiformes.* Note de M. **Georges J. Rémoundos.**

1. Dans son Mémoire important (couronné par l'Académie) sur l'itération des fonctions rationnelles, M. G. Julia fait une étude complète de cette question et obtient, entre autres, un théorème fondamental, le suivant :

« Si nous désignons par E l'ensemble des racines des équations

$$z = \varphi_p(z) \quad \text{pour lesquelles} \quad |\varphi'_p(z)| > 1,$$

son dérivé E′ constitue l'ensemble des singularités essentielles des fonctions-limites $\zeta = \lambda(z)$. » Pour obtenir ses résultats, M. Julia a utilisé la théorie féconde de M. Montel sur les familles normales et les théorèmes bien connus de MM. Landau, Schottky et Hurwitz qui généralisent le célèbre théorème de M. Picard et concernent les fonctions holomorphes dans un domaine dans lequel elles ne prennent pas deux valeurs (exceptionnelles).

Or tout cela s'étend aux fonctions multiformes (surtout les fonctions algébriques et algébroïdes), car j'ai établi une théorie de familles normales de fonctions algébroïdes $u = a(z)$ et des extensions aux mêmes fonctions des théorèmes ci-dessus mentionnés, dont l'emploi m'a permis d'étendre aux fonctions algébroïdes l'étude de l'itération et de généraliser les résultats de MM. Kœnigs et Julia.

2. Dans cette Note je tiens à communiquer les résultats suivants pour l'itération d'une fonction $u = \mathrm{a}(z)$ algébrique ou algébroïde.

Théorème I. — *Soit ζ une racine de l'équation $z = \mathrm{a}(z)$ satisfaisant, pour les branches correspondantes de $\mathrm{a}(z)$, à l'inégalité*

$$|\mathrm{a}'(z)| < 1$$

et régulière pour les mêmes branches. Dans le voisinage de ce point ζ il y a une seule valeur limite (égale à ζ) de l'ensemble des conséquents de z (obtenus par l'itération des branches considérées). Si, plus généralement, ζ est une racine de l'équation $z = \mathrm{a}_p(z)$ satisfaisant à l'inégalité

$$|\mathrm{a}'_p(z)| < 1,$$

il y a un groupe circulaire limite.

Théorème II. — *Nous avons les mêmes résultats dans le cas où le point ζ est un point critique algébrique de la fonction $u = \mathrm{a}(z)$, mais, dans ce cas, l'inégalité*

$$|\mathrm{a}'(z)| < 1$$

doit être remplacée par l'inégalité

$$|A'(x)| < 1 \qquad \text{où} \qquad z = x^K \qquad \text{et} \qquad A(x) = a(x^K)$$

l'entier k ne dépendant que du nombre des branches des systèmes circulaires relatifs au point critique ζ. *L'entier k devient égal à* 1 *dans le cas où le point* ζ *est régulier.*

Théorème III. — *Toute racine* ζ *d'une équation*

$$z = a_p(z) \qquad [p = 1, 2, 3, \ldots, \infty],$$

régulière pour les branches correspondantes de $a(z)$ *et satisfaisant, pour une au moins des branches, à l'inégalité*

$$(1) \qquad |a'_p(z)| > 1,$$

est un point d'indétermination complète (singularité essentielle) pour la fonction-limite $\lambda(z)$. *Plus précisément, dans tout cercle de centre* ζ, *les fonctions* $a(z)$, $a_1(z), a_2(z), \ldots, a_p(z), \ldots$ [*itérées indéfinies de* $a(z)$] *prennent, à partir d'un certain rang, toutes les valeurs complexes,* SAUF 2ν AU PLUS (*l'infini compris*). *Il en est de même dans le cas où le point* ζ *est un point singulier critique de la fonction* $a(z)$, *pourvu que l'inégalité* (1) *soit remplacée par l'inégalité*

$$|A'_p(x)|, \qquad \text{où} \qquad z = x^k \qquad \text{et} \qquad A(x) = a(x^k),$$

l'entier k étant le plus petit commun multiple des nombres des branches des systèmes circulaires relatifs au point critique ζ.

L'étude de l'itération en question comporte aussi d'autres résultats. Je tiens à ajouter ici que le nombre des branches des itérées indéfinies de $a(z)$ croît avec p et augmente indéfiniment.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une classe de polynomes et une extension des séries de Taylor et de Laurent.* Note [1] de M. A. **Angelesco**, présentée par M. Appell.

Considérons les séries entières en α

$$(1) \qquad \psi(\alpha) = a_0 + a_1\alpha + a_2\alpha^2 + \ldots,$$

$$(2) \qquad \varphi(\alpha) = b_0 + b_1\alpha + b_2\alpha^2 + \ldots,$$

$$(3) \qquad \frac{1}{\varphi(\alpha)} = c_0 + c_1\alpha + c_2\alpha^2 + \ldots,$$

(1) Séance du 22 janvier 1923.

et posons

(4) $$\varphi(\alpha)\psi(\alpha x) = \sum \alpha^n P_n(x),$$

(5) $$P_n(x) = a_0 b_n + a_1 b_{n-1} x + \ldots + a_n b_0 x^n.$$

En multipliant les égalités (3) et (4) membre à membre, on voit que

(6) $$a_n x^n = c_n P_0 + c_{n-1} P_1 + \ldots + c_0 P_n;$$

cette relation est l'extension, à la classe de polynome considérée, d'une propriété des polynomes de la classe de M. Appell (¹), classe qui correspond au cas $\psi(\alpha) = e^\alpha$.

En prenant $\psi(\alpha) = (1 - \alpha)^\mu$, nous avons la relation

$$\frac{d^q P_{n+q}}{dx^q} = x^{\mu+1} \frac{d^q x^{q-\mu-1} P_n}{dx^q}.$$

Fonctions associées. — Cherchons le développement de $\frac{1}{y-x}$ en série de polynomes (5). Partons pour cela du développement

$$\frac{1}{y-x} = \frac{1}{y} + \frac{x}{y^2} + \frac{x^2}{y^3} + \ldots.$$

En remplaçant les puissances de x par leurs valeurs tirées de (6), nous aurons le développement formel

(7) $$\frac{1}{y-x} = P_0 Q_0(y) + P_1(x) Q_1(y) + P_2(x) Q_2(y) + \ldots,$$

où

$$Q_i(y) = \frac{c_0}{a_i y^{i+1}} + \frac{c_1}{a_{i+1} y^{i+2}} + \frac{c_2}{a_{i+2} y^{i+3}} + \ldots.$$

Nous appellerons les fonctions Q_i *fonctions associées* aux polynomes P_n.

Donnons quelques exemples de fonctions associées.

a. Soit $\psi(\alpha) = e^\alpha$. Dans ce cas

$$Q_i = \frac{i!\, c_0}{y^{i+1}} + \frac{(i+1)!\, c_1}{y^{i+2}} + \frac{(i+2)!\, c_2}{y^{i+3}} + \ldots,$$

$$Q_i = -\frac{dQ_{i-1}}{dy} = (-1)^i \frac{d^i Q_0}{dy^i}.$$

b. Si $\psi(\alpha) = \frac{1}{1-\alpha}$, nous aurons

(8) $$Q_i = \frac{c_0}{y^{i+1}} + \frac{c_1}{y^{i+2}} + \frac{c_2}{y^{i+3}} + \ldots,$$

$$Q_i = \frac{Q_{i-1}}{y} = \frac{Q_0}{y_i}.$$

(¹) *Annales de l'École Normale*, 1880.

c. Soit, plus généralement, $\psi(\alpha) = (1-\alpha)^\mu$. Nous aurons, dans ce cas,

$$(-1)^i Q_i = \frac{i!\,c_0}{\mu(\mu-1)\ldots(\mu-i+1)}\frac{1}{y^{i+1}} - \frac{(i+1)!\,c_1}{\mu(\mu-1)\ldots(\mu-i)}\frac{1}{y^{i+2}} + \frac{(i+2)!\,c_2}{\mu(\mu-1)\ldots(\mu-i-1)}\frac{1}{y^{i+3}} - \ldots.$$

Supposons $\mu < 1$ et $y > \frac{1}{R_1}$, en désignant par R_1 le rayon du cercle de convergence de la série (3). Alors, en tenant compte de

$$\frac{n!}{\mu(\mu-1)\ldots(\mu-n+1)} = (-1)^n(-\mu-1)\int_0^1 u^n(1-u)^{-\mu-2}du,$$

on voit que l'expression précédente de Q_i pourra s'écrire

$$Q_i = (-\mu-1)\int_0^1 \frac{u^i(1-u)^{-\mu-2}}{y^{i+1}\varphi\left(\frac{u}{y}\right)}du. \tag{9}$$

Développement en série. — Si l'on peut déterminer es conditions de convergence de la série (7) qui développe $\frac{1}{y-x}$, le théorème de Cauchy permettra de développer toute fonction $f(z)$ en série de polynomes P_n et de fonctions Q_n. Cherchons les conditions de convergence pour $\psi(\alpha) = (1-\alpha)^\mu$, en supposant $\mu \leqq -1$. Désignons par R et R_1 les rayons de convergence des séries (2) et (3), par ρ le plus grand des nombres $\frac{1}{R}$, $\frac{1}{R_1}$.

Soit $\psi(\alpha) = \frac{1}{1-\alpha}$. Q_i est donné par la formule (8) et, si $y > \frac{1}{R_1}$,

$$Q_i = \frac{1}{y^{i+1}\varphi\left(\frac{1}{y}\right)}.$$

Le développement (7) deviendra

$$\frac{1}{y-x} = \frac{1}{y\varphi\left(\frac{1}{y}\right)}\sum\left(\frac{P_i(x)}{y^i}\right).$$

Si $|y| > \frac{1}{R}$ et $|x| < |y|$, la série entre parenthèses a pour somme

$$\varphi\left(\frac{1}{y}\right)\left(1-\frac{x}{y}\right)^{-1}.$$

Le développement (7) sera donc convergent pour $|y| > \rho$ et $|x| < |y|$. Si $\psi(\alpha) = (1-\alpha)^\mu$, $\mu < -1$ et $|y| > \frac{1}{R_1}$, les fonctions associées Q_i sont

données par la formule (9) et le développement (7) est

$$\frac{1}{y-x}=(-\mu-1)\left[\sum\int_0^1\left(\frac{u}{y}\right)^i \mathrm{P}_i(x)\,\frac{(1-u)^{-\mu-2}}{y\varphi\left(\frac{u}{y}\right)}\,du\right].$$

La série

$$\sum\left(\frac{u}{y}\right)^i \mathrm{P}_i(x),$$

où $0\leqq u\leqq 1$, est convergente et a pour somme

$$\varphi\left(\frac{u}{y}\right)\left(1-\frac{ux}{y}\right)^{\mu},$$

si $|y|>\frac{1}{\mathrm{R}}$ et $|x|<|y|$. Donc, dans ce cas aussi, le développement (7) sera convergent si $|y|>\rho$ et $|x|<|y|$.

Donc : Une fonction $f(z)$ holomorphe à l'intérieur d'un cercle ayant le centre à l'origine et un rayon supérieur à ρ, est développable, à l'intérieur de ce cercle, en série de polynomes P_n.

Une fonction $f(z)$, holomorphe à l'intérieur d'une couronne comprise entre deux cercles ayant leurs centres à l'origine et les rayons supérieurs à ρ, est développable, à l'intérieur de la couronne en série formée de polynomes P_n et de fonctions Q_n.

En prenant $\varphi(\alpha)=e^{k\alpha}$, les polynomes P_n étant donc définis par

$$e^{k\alpha}(1-\alpha x)^{\mu}=\Sigma\alpha^n \mathrm{P}_n,$$

on a R et R_1 infinis, suite par $\rho=0$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'étude des invariants relatifs aux caractéristiques des équations aux dérivées partielles du second ordre, à deux variables indépendantes.* Note de M. **E. Gau** (¹), présentée par M. Goursat.

J'emploierai les notations habituelles (²); soit l'équation

$$(1)\qquad r+f(x,y,z,p,q,s,t)=0$$

(¹) Les résultats indiqués dans cette Note ont été démontrés dans un Mémoire déposé à l'Académie des Sciences, sous pli cacheté, nº 8917, le 26 septembre 1921, et ouvert en la séance du 22 janvier 1923.

(²) Voir Goursat, *Leçons sur l'intégration des équations aux dérivées partielles du second ordre* (Paris, Hermann).

dont les caractéristiques sont supposées distinctes. J'appellerai *fonction principale*, relative aux caractéristiques du système (II) (c'est-à-dire correspondant à la racine m_2 de l'équation des caractéristiques), toute fonction $\varphi(x, y, z, \ldots, p_{1,n-1}, p_{0,n})$ qui satisfait à l'identité

$$\left[\frac{d\varphi}{dx}\right] + m_2\left[\frac{d\varphi}{dy}\right] \equiv \varphi(\mathrm{A}\alpha + \mathrm{B}\beta),$$

où A et B ont la signification que j'ai indiquée antérieurement [1] et où α et β sont des constantes que j'appellerai les indices de φ.

Si $\alpha = \beta = 0$, φ sera précisément un invariant relatif aux caractéristiques (II).

Si l'on connaît trois fonctions principales distinctes, on pourra facilement en déduire un invariant [2].

J'ai démontré les propositions suivantes :

I. Si φ est une fonction principale, d'indices (α, β) et d'ordre $n > 3$, l'expression $\frac{\partial\varphi}{\partial\omega}$ (où $\omega = p_{1,n-1} + m_1 p_{0,n}$), est aussi une fonction principale, d'indices $(\alpha - n, \beta - 1)$.

On en déduit facilement les résultats obtenus par Clairin [3]; toute fonction principale, d'ordre $n > 3$, a donc l'une des quatre formes indiquées par Clairin.

La méthode s'applique aussi aux fonctions du troisième ordre et donne le résultat suivant :

II. S'il n'existe pas d'invariant d'ordre $n \leqq 3$, toute fonction principale du troisième ordre a l'une des formes :

$$\varphi = v(\omega + u_1)^{(\alpha-\beta)(\gamma+1)}(\omega + u_2)^{(\beta-\alpha)\gamma},$$
$$\varphi = w(\omega + u)^{\alpha-\beta} e^{\frac{1}{v(\omega+u)}},$$

où u, v, w sont du second ordre, et où l'on a posé $\omega = p_{1,2} + m_1 p_{0,3}$.

Les équations $\omega + u = 0$ sont alors en involution avec (1).

Dans le cas où φ est linéaire par rapport aux dérivées d'ordre supérieur,

---

(1) Voir, par exemple, *Sur l'intégration des équations*, etc. (*Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 6e série, t. 7, 1911, p. 136).

(2) Mémoire précédent, p. 137.

(3) Clairin, *Sur les invariants des caractéristiques*, etc. (*Annales de l'École Normale supérieure*, 3e série, t. 37, 1920, p. 107).

c'est-à-dire si

$$\varphi = p_{1,n-1} + m_1 p_{0,n} + u(x, y, z, \ldots, p_{1,n-2}, p_{0,n-1}),$$

l'équation $\varphi = 0$ est en involution avec (1) et j'ai démontré que :

III. Si l'équation (1) n'admet pas de caractéristiques (II) du premier ordre, s'il existe une involution d'ordre $n > 5$, l'équation admet nécessairement une fonction principale, non identiquement nulle, d'ordre inférieur à n, ou bien une involution du troisième ordre.

On déduit de ce qui précède que :

IV. Si l'équation (1) n'admet pas de caractéristiques (II) du premier ordre, elle ne peut admettre d'involution d'ordre supérieur à 5 que si elle admet déjà une involution d'ordre supérieur ou égal à 5 pour le même système de caractéristiques [1].

La méthode que j'ai employée s'applique d'ailleurs à l'étude des involutions d'ordre supérieur à 5 et à toutes les formes possibles de l'équation (1), par exemple aux équations de Monge-Ampère; je l'ai montré en faisant l'étude particulière des équations linéaires en r, s, t.

On obtient ainsi la proposition suivante :

V. Si l'équation (1) est linéaire en r, s, t, avec $\frac{\partial m_2}{\partial q} \neq m_2 \frac{\partial m_2}{\partial p}$, elle ne peut admettre d'involution d'ordre supérieur à 4 que si elle admet une involution d'ordre inférieur ou égal à 4.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur la probabilité des erreurs.* Note de M. **Birger Meidell**, présentée par M. Émile Borel.

Dans une Note récente [2], j'avais démontré un théorème qui, avec une généralisation immédiate [3], peut être énoncé ainsi :

Soit x une quantité quelconque assujettie à prendre une valeur entre A et B, et soit $\varphi(v)$ sa loi de répartition, telle que $\varphi(x)\,dx$ désignera la probabilité pour qu'elle soit comprise entre x et $x + dx$. Pourvu que $\varphi(x)$ ne

---

(1) M. Gosse a trouvé de son côté, par une voie différente, qu'il ne peut exister d'*invariant* d'ordre supérieur à 3 sans qu'il en existe d'ordre inférieur ou égal à 3 (*Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1612).

(2) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 806.

(3) Voir *Skandinavisk aktuarietidsskrift*, Häft 4, 1922, p. 210.

soit jamais décroissante dans l'intervalle

$$x_0 - \left(1 + \frac{1}{N}\right)\lambda m \leqq x \leqq x_0,$$

et jamais croissante pour

$$x_0 \leqq x \leqq x_0 + \left(1 + \frac{1}{N}\right)\lambda m,$$

il existe une probabilité

$$\rho > 1 - \frac{1}{\left(1 + \frac{1}{N}\right)^N \lambda^N}$$

pour que la valeur numérique d'un écart par rapport à la valeur x_0 ne surpasse pas le multiple λm de l'erreur moyenne, m étant défini par l'équation

$$m^N = \int_A^B |x - x_0|^N \varphi(x)\,dx \qquad (N \geqq 1).$$

Pour $N = 2$, ce résultat a déjà été trouvé par Gauss (1), par un procédé très différent. Le théorème de Gauss a été traité et généralisé par Winckler, M. Krüger et M. Faber (2).

Il est facile de montrer que *le théorème général que nous avons énoncé reste valable quand x peut prendre seulement les valeurs* A, $A + 1$, $A + 2$, ..., B *avec les probabilités* φ_A, φ_{A+1}, φ_{A+2}, ..., φ_B, *où*

$$\sum_A^B \varphi_k = 1,$$

ces valeurs de φ allant en croissant (ou jamais en décroissant) jusqu'à $\varphi(A_M)$, et puis en décroissant (ou jamais en croissant), quand x parcourt l'intervalle défini par

$$A_M - \left(1 + \frac{1}{N}\right)\lambda m \leqq x \leqq A_M + \left(1 + \frac{1}{N}\right)\lambda m \quad (3),$$

et quand m est définie par l'équation

$$m^N = \sum_A^B |x - A_M|^N \varphi_x.$$

(Dans l'énoncé du théorème on remplacera donc x_0 par A_M.)

(1) Voir par exemple *Méthode des moindres carrés*, par C.-F. Gauss; traduite par Bertrand, Paris, 1855, p. 15.

(2) Voir par exemple Georg Faber, *Bemerkungen zu Sätzen der Gausschen theorie, etc.* (*Bayr. Akad. der Wissenschaften*, 14 janvier 1922).

(3) On ne suppose *rien* sur φ à l'extérieur de cet intervalle.

Pour le démontrer on suit précisément la même voie que celle indiquée dans ma Note précédente, en faisant maintenant usage de l'inégalité suivante, dans laquelle f et φ sont deux fonctions dont l'une n'est jamais croissante, l'autre jamais décroissante en (α, β) (¹),

$$\sum_{\alpha}^{\beta} f_n \varphi_n \gtreqless f_{\alpha-1} \sum_{\alpha}^{S-1} \varphi_n + f_\beta \sum_{S}^{\beta} \varphi_n,$$

où

$$S = \frac{\beta f_\beta - \alpha f_{\alpha-1} - \sum_{\alpha}^{\beta-1} f_n}{f_\beta - f_\alpha}.$$

Remarquant ensuite que

$$\sum_{1}^{a} x^N > \int_0^a x^N d\alpha = \frac{a^{N+1}}{N+1},$$

on arrive, de la façon indiquée, facilement à l'inégalité

$$\left(\frac{m}{d}\right)^N > \sum_{A}^{A_M - \frac{N}{N+1}d-1} \varphi_x + \sum_{A_M + \frac{N}{N+1}d+1}^{B} \varphi_x,$$

d'où le théorème, en posant $\frac{N}{N+1} d = \lambda m$.

Dans un très grand nombre de problèmes que l'on rencontre en calcul de probabilité, on a précisément à faire avec une telle suite de probabilités $\varphi_A, \varphi_{A+1}, \ldots, \varphi_B$, satisfaisant à cette condition de croissance et de décroissance par laquelle nous avons prouvé ce théorème; ainsi par exemple dans tous les cas où la question se rattache au développement de $(p+q)^s$.

MÉCANIQUE. — *Sur l'écrouissage par étirage.* Note de M. **Paul Piketty**, présentée par M. Mesnager.

Les principes énoncés dans les Notes de M. Seigle présentées par M. Rateau, les 25 septembre et 9 octobre dernier, sont des plus intéressants et peuvent donner, ainsi que l'explique fort justement leur auteur, des avantages considérables dans les constructions.

(¹) Une démonstration de cette inégalité, ainsi qu'une démonstration complète de tout notre théorème, va paraître dans un autre recueil.

Depuis douze ans environ, j'emploie couramment cette manière de faire dans mes travaux en ciment armé et j'en ai toujours tiré de nombreux avantages et, en particulier, une sécurité absolue dans les ouvrages ainsi exécutés.

J'ai d'ailleurs pris en mars 1911 un brevet n° 426863 dans lequel j'expose d'une façon succincte, et beaucoup moins scientifique que la très intéressante Note précitée, les mêmes principes que j'ai toujours appliqués depuis l'époque de ce brevet.

En voici d'ailleurs le libellé :

Nouveau système de ciment armé. — L'invention a pour objet un nouveau système de ciment armé. On sait que dans les constructions en ciment armé ordinaire, la limite de résistance se trouve atteinte lorsque certains des éléments métalliques qui le constituent atteignent leur limite d'élasticité. Il peut donc y avoir intérêt, pour augmenter la sécurité, à dépense égale, ou pour diminuer la dépense, à sécurité égale, à employer des aciers à limite d'élasticité élevée; or, ces aciers sont coûteux.

Le nouveau système faisant l'objet de la présente invention a pour but de substituer à ces aciers coûteux, ayant naturellement une limite d'élasticité élevée, des aciers doux ordinaires et bon marché, dont la limite d'élasticité aura été élevée et rapprochée de la limite de rupture par un procédé artificiel constituant le point caractéristique de l'invention.

Ce procédé consiste à étirer les barres d'acier doux par tout moyen mécanique convenable, en leur faisant subir un effort de traction au moins égal à la limite d'élasticité qne l'on désire leur donner. Ce sont des aciers ainsi étirés qui seront substitués, dans la combinaison du fer et du ciment donnant le ciment armé, aux barres de fer ordinairement employées.

Résumé. — L'invention consiste dans l'emploi nouveau pour la fabrication du ciment armé, de barres d'acier doux préalablement étirées de manière à leur faire dépasser leur limite d'élasticité naturelle et à leur donner une nouvelle limite d'élasticité supérieure à la précédente.

En ce qui concerne les constructions en ciment armé, on peut tirer des propriétés acquises par l'acier doux après écrouissage par étirage l'avantage d'un surcroît de sécurité, mais l'économie est, en général, restreinte par l'obligation de satisfaire au coefficient de glissement du métal dans le béton, coefficient qui reste constant pour un béton déterminé quelles que soient les caractéristiques du métal employé.

En effet, si pour une poutre primitivement étudiée en acier usuel on voulait employer de l'acier écroui sans changer le nombre des barres, on ne pourrait diminuer la surface de scellement par adhérence de chaque barre puisqu'elle devra toujours équilibrer le même effort. On ne pourrait donc

réduire son diamètre. Il n'y aurait aucune économie. Il faut par conséquence procéder autrement.

Supposons doublée par étirage la limite d'élasticité conformément à la proposition faite par M. Seigle le 8 octobre 1922. D'après l'article 7 de la Circulaire ministérielle du 20 octobre 1906 qui prescrit de ne pas dépasser une fatigue égale à la moitié de la limite d'élasticité, on peut passer de la tension de 1200^{kg} par centimètre carré dans l'acier, chiffre usuel aujourd'hui, à 2400^{kg}. Remplaçons chaque barre de notre poutre primitive par deux barres écrouies d'un diamètre moitié. La surface latérale de ces barres écrouies restera égale à celle de la barre non écrouie. Leur scellement pourra donc supporter l'effort de la barre primitive. La section d'une barre écrouie étant quatre fois plus petite que celle de la barre non écrouie et deux barres étant capables de supporter une tension double donneront la même résistance totale. On aura un volume d'acier moitié pour le même effort. Il y a donc une grosse économie apparente.

Mais le nombre des barres étant doublé, le volume du béton à mettre entre elles est aussi doublé et la solution devient souvent pratiquement impossible.

La question se présente d'une manière beaucoup plus avantageuse pour les étriers verticaux parce que, en général, la place ne manque pas entre ces éléments. Il en est de même entre les barres horizontales des hourdis.

Pour les raisons exposées ci-dessus, j'ai limité dans mes constructions au cas des petites barres l'utilisation des avantages que donne la traction et encore je n'emploie que des barres étirées d'une façon intermédiaire entre le zéro et la rupture; je ne m'autorise même pas de ce recul de la limite d'élasticité pour augmenter de manière notable le taux de travail couramment admis pour les aciers du commerce.

Les constructions faites d'après ces principes donnent, à n'en pas douter, une sécurité très supérieure à celles exécutées avec des aciers non soumis à l'étirage préalable et offrent cet avantage de limiter au minimum les chances de fissures légères dans le béton, puisque la déformation des barres métalliques dans le béton sous les efforts dus aux surcharges auxquelles sont soumis les différents organes, restant élastique, est toujours très petite.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur l'expression de la loi d'Einstein en coordonnées cartésiennes.* Note de M. **Jean Chazy**, présentée par M. Émile Borel.

Dans une Communication récente[1], M. Haag indique une méthode pour écrire des équations différentielles approchées du problème des n corps dans la théorie de la Relativité, mais l'application de cette méthode, après d'autres, montre bien que la difficulté de la question est de ne pas écarter des termes qui soient du même ordre de grandeur que les termes conservés dans l'approximation.

Si l'on considère le mouvement d'un point matériel sous l'action d'un centre fixe, ce mouvement est plan, et la méthode indiquée en donne deux équations approchées, dont la première est

$$(1) \qquad x'' = -\frac{\mu x}{r^3}\left(1 + \frac{2v^2 - 3r'^2}{V^2}\right) + \frac{2\mu r' x'}{V^2 r^2},$$

et dont la seconde se déduit de la première par échange de x, x', x'' en y, y', y'' : la variable indépendante est le temps, x, y et r, θ désignent les coordonnées cartésiennes rectangulaires et les coordonnées polaires correspondantes du point mobile par rapport à des axes fixes situés dans le plan du mouvement et passant au centre fixe, v désigne la vitesse du mobile,

$$v = \sqrt{x'^2 + y'^2} = \sqrt{r'^2 + r^2\theta'^2},$$

enfin μ est le coefficient de Képler et V la vitesse de la lumière.

Or, l'équation exacte, déduite du ds^2 d'Einstein-Schwarzschild, et dont l'équation (1) est une approximation, est la suivante :

$$x'' = -\frac{\mu x}{r^3}\left[1 - \frac{2\mu}{V^2 r} + \frac{2r^2\theta'^2}{V^2} - \frac{r'^2}{V^2 - \frac{2\mu}{r}}\right] + \frac{2\mu r' x'}{r^2\left(V^2 - \frac{2\mu}{r}\right)},$$

ou encore

$$(2) \qquad x'' = -\frac{\mu x}{r^3}\left[1 - \frac{2\mu}{V^2 r} + \frac{2v^2}{V^2} - \frac{2r'^2}{V^2} - \frac{r'^2}{V^2 - \frac{2\mu}{r}}\right] + \frac{2\mu r' x'}{r^2\left(V^2 - \frac{2\mu}{r}\right)}.$$

On voit que la méthode considérée a pour résultat, dans le crochet

---

[1] *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 163.

figurant dans l'équation (2), de conserver le terme $\frac{2v^2}{V^2}$ et d'écarter le terme $\frac{-2\mu}{V^2 r}$: le rapport de ces deux termes est égal à -1, si l'on néglige l'excentricité $\left(\text{d'après les relations } v = \frac{2\pi a}{T},\ \mu = \frac{4\pi^2 a^3}{T^2}\right)$. Donc dans l'équation complète, un terme écarté de l'équation approchée détruit en partie un terme conservé : en fait, l'avance du périhélie à chaque révolution, déduite du ds^2 d'Einstein-Schwarzschild, est $\frac{6\pi\mu}{V^2(1-e^2)} = \varepsilon$, et l'avance calculée sur l'équation (1) est $\frac{4\varepsilon}{3}$.

Si l'on pose $\frac{-\mu}{r^2} = F$, les composantes centrales figurant dans l'équation (2) $F \times \frac{-2\mu}{V^2 r}$, $F \times \frac{2v^2}{V^2}$, $F \times \frac{r'^2}{V^2}$ et la composante tangentielle $|F| \times \frac{2v'r}{V^2}$ produisent à chaque révolution les avances du périhélie respectives $-\frac{\varepsilon}{3}$, $\frac{2\varepsilon}{3}$, o, $\frac{2\varepsilon}{3}$, à des termes de l'ordre du carré ε^2 près : d'où un grand nombre de lois de forces simples, qui peuvent être substituées à la loi de Newton dans toute la Mécanique céleste classique, et qui expliquent en outre comme la loi d'Einstein l'avance du périhélie de Mercure. Citons les lois de forces centrales qui admettent pour expressions

$$F\left(1+\frac{3v^2}{V^2}\right),\quad F\left(1+\frac{6\mu}{V^2 r}\right),\quad F\left(1+6\,\frac{v^2-\frac{\mu}{r}}{V^2}\right),\quad F\left(1+2\,\frac{v^2+\frac{\mu}{r}}{V^2}\right)$$

et dont la première est connue (¹).

(¹) La loi de force centrale qui figure au premier terme de l'équation (1),

$$F\left(1+\frac{2v^2-3r'^2}{V^2}\right),$$

a été donnée par Gauss en électrodynamique, et étudiée par Tisserand (cf. *Traité de Mécanique céleste*, t. 4, p. 508) pour expliquer l'avance du périhélie de Mercure, antérieurement à la théorie de la Relativité : la loi de Gauss, produisant une avance du périhélie de $\frac{2\varepsilon}{3}$ à chaque révolution, pouvait expliquer les $\frac{2}{3}$ environ de l'avance observée.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur un anémomètre à fil chaud à compensation.* Note [1] de MM. **Huguenard**, **Magnan** et **A. Planiol**, présentée par M. G. Kœnigs.

L'application des anémomètres à fil chaud à l'observation des mouvements de l'air atmosphérique est toute indiquée lorsqu'on envisage l'étude de ces mouvements au point de vue des phénomènes instantanés et non pas seulement à celui de leurs manifestations moyennes.

Les meilleurs résultats avec les montages connus applicables aux mesures instantanées sont obtenus en travaillant à différence de potentiel aussi constante que possible aux bornes du fil.

Si l'on monte dans le circuit de chauffage du fil le shunt d'un galvanomètre, on observe aux bornes de ce shunt une différence de potentiel croissant de plus en plus lentement avec la vitesse du vent suivant une loi à peu près parabolique.

Le tracé 1 (*fig.* 1) montre l'allure d'une courbe expérimentalement obtenue dans ces conditions et représentée en portant en abscisses la vitesse du vent, en ordonnées l'excès de la différence de potentiel e aux bornes du shunt pour la vitesse v sur sa valeur initiale e_0 pour $v = 0$, l'unité arbitraire étant prise égale à $e_{14} - e_0$.

La diminution de sensibilité le long de cette courbe est considérable ainsi que le prouve l'échelle 1 qu'on en tirerait pour la graduation d'un anémomètre; en effet les pentes $\frac{de}{dv}$ des tangentes menées aux points extrêmes $v = 0$ et $v = 16$ sont dans le rapport de 24 à 1.

L'emploi d'un tel appareil est évidemment limité à un champ de mesures fort étroit.

Nous avons été amenés à rechercher le moyen de tourner cette difficulté et l'avons trouvé, après de nombreux essais, dans le remplacement du shunt par un corps de résistance variable.

Ce nouvel organe, auquel on peut conserver le nom de shunt d'après l'analogie de son rôle avec celui d'un shunt proprement dit, doit répondre aux desiderata suivants : résistance croissante avec le courant qui le traverse, variations de la résistance aussi rapides que celles du fil anémométrique employé.

---

[1] Séance du 22 janvier 1923.

On est conduit par ces deux considérations à constituer ce shunt de fil métallique d'un diamètre au plus égal à celui du fil anémométrique. Le platine dont l'emploi était imposé pour le fil anémométrique par la nécessité de supporter des températures élevées au contact de l'air a été avantageusement utilisé pour la constitution du shunt.

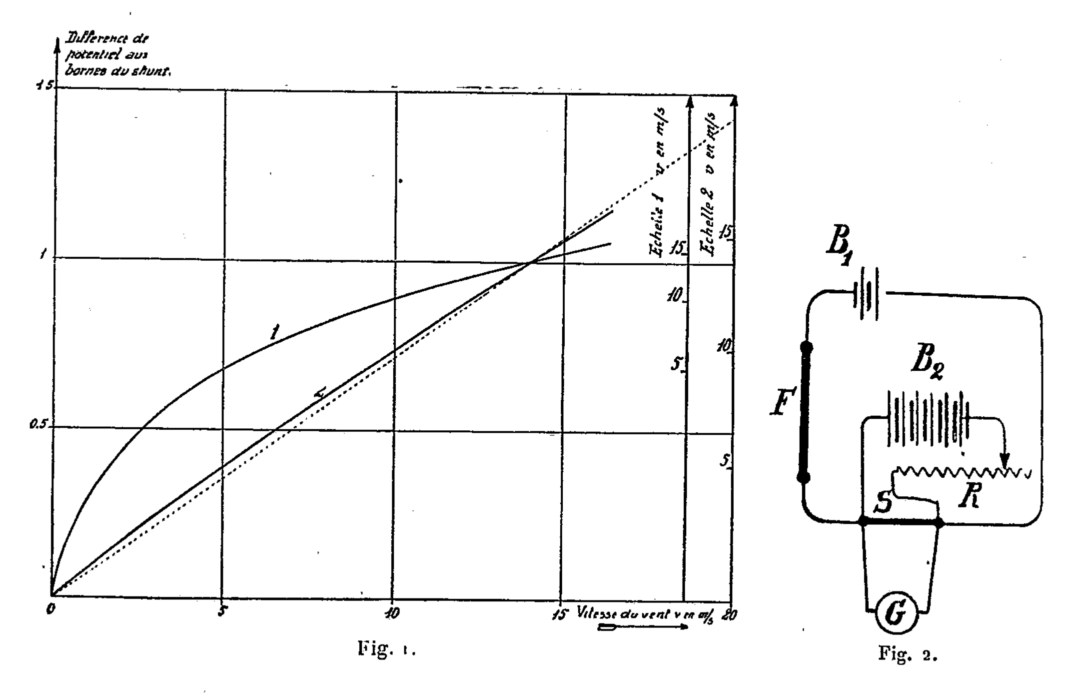


Fig. 1.

Fig. 2.

De nombreux essais ont fait adopter comme le plus simple et le plus avantageux le montage représenté par la figure 2.

Une batterie B_1 produit un courant i_1 qui traverse et échauffe le fil anémométrique F.

Dans ce circuit est monté le shunt en fil S, protégé contre le vent par une enceinte close, aux bornes duquel est branché le galvanomètre G.

Une deuxième batterie B_2 est montée en opposition avec B_1 aux bornes de S par l'intermédiaire d'une résistance réglable R permettant d'annuler le courant dans S lorsque aucun vent ne souffle sur F : le fil S est alors à la température du milieu ambiant.

Si l'on suppose la résistance de R très grande par rapport à toutes les autres résistances, ce qui implique pour B_2 une très grande force électromotrice, on peut négliger les variations de l'intensité i_2 du courant passant dans la dérivation B_2R lorsque variera, sous l'influence des changements

de résistance de F dus à son refroidissement, l'intensité du courant i_1 passant dans F.

Supposons donc i_2 constant : sa valeur est i_0 valeur de i_1 pour $v = 0$.

Le courant qui traversera S sera donc $i_1 - i_0$ et la quantité d'énergie dépensée dans S sera $r(i_1 - i_0)^2$, r étant la résistance du shunt S.

Son accroissement en fonction de $i_1 - i_0$ sera très rapide quand v augmentera en raison de l'élévation corrélative de la température de S.

L'expérience a montré qu'il fallait adopter les règles suivantes :

1° Donner à S une longueur suffisante pour que la perte de chaleur par les extrémités du fil n'influe pas trop sur la température moyenne de l'ensemble.

2° Choisir cependant cette longueur assez faible pour que sa résistance soit petite par rapport à celle de F, faute de quoi la tension aux bornes de F baisserait trop quand v augmente.

3° Donner à S un diamètre plus petit que celui de F pour les deux raisons suivantes : nécessité de suivre les variations de température de F sans aucun retard d'une part, et d'autre part permettre à l'excès $i_m - i_0$ du courant i_m débité dans F pour la vitesse maxima prévue sur le courant initial, de porter ce fil S à une température élevée, afin d'amener une grande augmentation de résistance.

Avec un fil anémométrique F de $0^{mm},05$ de diamètre les meilleurs résultats ont été obtenus en constituant S d'un fil de $0^{mm},025$ de diamètre, long de 10^{mm} environ.

Dans ces conditions on a à peu près $i_0 = 0^a,7$ pour $v = 0$ et $i_1 = 1^a$ à $1^a,05$ pour $v = 15$ à 20 m : s; c'est dans ces conditions qu'a été tracée la courbe 2 (*fig.* 1).

La force électromotrice de la batterie B_2 était d'environ 100^v ce qui donne pour R une résistance d'environ 140^{ω} : la variation du courant i_2 fourni par B_2 est alors réduite à quelques milliampères et n'influe pas défavorablement sur le débit dans S.

La courbe 2 a été tracée dans le même système de coordonnées que 1.

L'échelle 2 montre l'avantage réalisé dans la graduation d'un anémomètre : ce bénéfice est encore plus sensible en comparant le rapport des pentes des deux tangentes extrêmes qui, de 24 dans la courbe 1, tombe ici à 1,4.

Cependant ces résultats fournis par une première étude ne sont encore que provisoires et seront par la suite améliorés.

AÉRONAUTIQUE. — *Lois de variation des caractéristiques de l'air standard avec l'altitude.* Note de M. **Rodolphe Soreau**, présentée par M. Ch. Lallemand.

Dans les sondages à grande altitude, les mesures n'ont pas encore atteint la précision désirable, surtout en ce qui concerne la température [1]. Ma méthode, qui dispense de connaître les valeurs de t, est donc particulièrement favorable à l'étude de la haute atmosphère.

Pour obtenir des moyennes suffisamment correctes, j'ai dû dépouiller toute la collection des Bulletins de la Commission internationale, du 1er janvier 1904 au 1er juillet 1912. J'ai retenu 89 sondages, atteignant au moins 17000^{m}. J'ai calculé, pour chaque saison, les pressions moyennes de kilomètre en kilomètre jusqu'à 30000^{m}, d'où les moyennes annuelles p (voir le Tableau ci-après).

J'ai constaté que la fonction $\log p$ est sensiblement linéaire en z. Sa courbe figurative, d'une grande régularité, diffère peu d'une droite, et présente un point d'inflexion vers 14000^{m}. Cela étant, posons

$$\log p = l - mz + \varphi(z).$$

En substituant dans la relation $dp = -a\,dz$, j'obtiens la relation suivante, où k est une constante :

$$\frac{a}{p} = k(m - \varphi').$$

Si $\log p$ était linéaire en z, $\frac{a}{p}$ serait constant, et T serait proportionnel au produit $g(1 - 0,377\,e)$, réserve faite de l'influence des phénomènes météorologiques sur la température, qui varierait néanmoins très peu. Les légères incurvations de la courbe ($\log p$, z) suffisent à rendre compte des variations de $\frac{a}{p}$ et de T ; son point d'inflexion est l'expression graphique du fait que, vers 14000^{m}, $\frac{a}{p}$ passe par un maximum, en corrélation avec le minimum de T à l'entrée de la stratosphère, minimum qui se produit d'ailleurs à une altitude moindre.

---

(1) Les moyennes des températures relevées sont loin de varier avec la même régularité que celles des pressions : ainsi les thermographes d'Hergesell et ceux de Kleinschmidt, emportés simultanément par les ballons-sondes d'Uccle, donnaient des courbes différant de plusieurs degrés, et non parallèles.

Z.	p (sondages).	p (formule).	$\mu = \frac{p}{p_0}$.	$\lambda = \frac{a}{a_0}$.	$\nu = \frac{\mu}{\lambda}\frac{g}{g_0}$.
0...........		763,9	1	1	1
1...........	674,1	674,1	0,882	0,882	1,0003
2...........	595	594,8	0,779	0,783	0,994
3...........	524,6	524,3	0,686	0,698	0,982
4...........	461,4	461	0,604	0,625	0,964
5...........	404,6	404,4	0,529	0,562	0,940
6...........	353,2	353,4	0,463	0,506	0,913
7...........	307,5	307,6	0,403	0,453	0,886
8...........	266,4	266,6	0,349	0,405	0,861
9...........	230	230,1	0,301	0,358	0,838
10...........	198	198	0,259	0,315	0,820
11...........	169,7	169,8	0,222	0,275	0,807
12...........	145,1	145,4	0,190	0,238	0,798
13...........	123,9	124,3	0,163	0,204	0,793
14...........	106	106,2	0,139	0,175	0,790
15...........	90,6	90,7	0,119	0,150	0,790
16...........	77,4	77,5	0,101	0,127	0,792
17...........	66,2	66,3	0,087	0,108	0,795
18...........	56,8	56,7	0,074	0,093	0,799
19...........	48,6	48,5	0,063	0,079	0,803
20...........	41,7	41,6	0,055	0,067	0,807
21...........	35,6	35,6	0,047	0,057	0,811
22...........	30,6	30,6	0,040	0,049	0,816
23...........	26,5	26,3	8,035	0,041	0,819
24...........	22,8	22,6	0,030	0,036	0,823
25...........	19,7	19,5	0,025	0,031	0,826
26...........	16,7	16,7	0,022	0,026	0,829
27...........	14,5	14,4	0,019	0,022	0,832
28...........	12,4	12,4	0,016	0,019	0,835
29...........	10,9	10,7	0,014	0,017	0,837
30...........	9,5	9,3	0,012	0,015	0,839

Au lieu de tracer la courbe des Δp pour en déduire la loi de variation de la densité a, j'ai préféré chercher une expression de la fonction $\varphi(z)$, procédé plus exact si cette expression est suffisamment approchée. Je me suis arrêté à la formule

$$\log p = 2,7955 - 0,0622Z + \frac{0,3112Z + 15,783}{Z^2 - 12,69Z + 180,3}, \quad \text{avec } Z = \frac{z}{1000}.$$

Le plus grand écart relatif entre la valeur expérimentale de p et celle que donne la formule est respectivement inférieur à $\frac{1}{1000}$, à $\frac{5}{1000}$ et à $\frac{10}{1000}$, pour

les altitudes comprises entre 1^{km} et 12^{km}, entre 12^{km} et 23^{km}, entre 23^{km} et 29^{km}; il est de l'ordre des erreurs de mesures.

De cette formule on déduit que $\frac{a}{p}$ est proportionnel à

$$0,2+\frac{Z^2+101,4Z-823,9}{(Z^2-12,69Z+180,3)^2}.$$

Le maximum de $\frac{a}{p}$ a lieu pour $z = 14300^m$. En outre, $\frac{a}{p}$ tend vers une limite, en sorte que l'élévation de température, qui commence par se produire dans la stratosphère, passe par un maximum par suite de l'influence inverse de g. En considérant la formule comme suffisamment exacte au delà de 30000^m, ce maximum aurait lieu vers 60000^m, altitude au delà de laquelle T diminuerait proportionnellement à g.

D'autre part, l'expression générale trouvée pour $\frac{a}{p}$ révèle que cette quantité passe par un minimum pour $z = 550^m$, fait qui s'accorde assez bien avec les courbes de températures moyennes tracées par Teisserenc de Bort. Il en résulte, pour λ et ν, des variations qui diffèrent de celles indiquées dans ma précédente Note, les différences s'atténuant d'ailleurs avec l'altitude.

GRAVITATION. — *Sur la théorie de la gravitation.*
Note de M. **L. Décombe**, présentée par M. Daniel Berthelot.

1. Notre théorie de la gravitation permet de rattacher ce phénomène aux actions électriques qui s'exercent, aux grandes distances, entre deux atomes neutres, c'est-à-dire constitués chacun par des charges électriques — les unes fixes, les autres mobiles — de somme algébrique nulle.

Cette théorie ([1]) est visiblement indépendante de plusieurs conditions particulières avec lesquelles elle a été tout d'abord formulée. En particulier la condition

$$(1)\qquad \sqrt{\varphi}=\frac{1}{3}\,\frac{1}{V}\,\frac{e}{m}\,\frac{\pi^2(a^2+b^2)}{T^2}$$

à laquelle elle conduit ([2]) subsiste intégralement :

([1]) *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 940 et 1222.

([2]) Le facteur $\frac{1}{2}$ avait été introduit, par inadvertance, à la place de $\frac{1}{3}$ dans mes calculs de 1913.

1° Si l'on remplace le noyau atomique étendu de J.-J. Thomson par le noyau quasi ponctuel de sir E. Rutherford;

2° Si l'on suppose la masse mécanique de l'atome répartie d'une manière absolument quelconque entre le noyau positif et les électrons et, en particulier si, conformément aux vues actuelles, elle se trouve presque entièrement concentrée dans le noyau positif; m représente alors la masse *de l'atome* et e la charge électrique *du noyau* (en unités électromagnétiques);

3° Si les électrons, au lieu d'évoluer sur une même orbite, sont répartis sur plusieurs orbites distinctes. Il suffit alors de remplacer le terme $\frac{a^2+b^2}{T^2}$ par sa valeur moyenne pour les différentes orbites.

Rappelons que la relation (1) a été obtenue, en calculant, par la formule d'Ampère, l'action électrodynamique moyenne qui s'exerce entre deux orbites électroniques éloignées, cette action étant supposée se propager, dans le milieu orbital, avec la vitesse finie V.

2. Lorsqu'on adopte le modèle de Rutherford et qu'on prend V égal à la vitesse de propagation c de la lumière dans le vide, la relation (1) devient (en supposant l'orbite circulaire et e exprimé en unités E. S.)

$$\sqrt{\varphi}=\frac{1}{6}\cdot\frac{e}{m}\,\frac{v^2}{c^2} \tag{2}$$

qui permet de calculer φ en fonction de e (charge du noyau), de m (masse de l'atome) et de v (moyenne quadratique des vitesses de révolution sur les diverses orbites d'un même atome.

Si l'on donne à e, m et v des valeurs de l'ordre de celles qui caractérisent ces quantités dans les divers atomes, on obtient pour φ un nombre incomparablement trop grand. D'ailleurs les perturbations périodiques qui répondent aux orbites électroniques envisagées sont toutes absorbées par une faible épaisseur de matière, alors que la gravitation paraît jouir d'une puissance de pénétration pour ainsi dire illimitée.

Ce serait donc dans un domaine beaucoup plus petit que celui de l'atome, le domaine nucléaire probablement, qu'il conviendrait de situer les mouvements auxquels nous rattachons la gravitation. On peut envisager à cet égard plusieurs hypothèses intéressantes. Malheureusement nous ne possédons actuellement sur ce noyau que des renseignements tout à fait insuffisants qui ne permettent pas de contrôler ces hypothèses ni d'en poursuivre utilement le développement.

3. Au facteur numérique près $2\sqrt{3}$ la formule (2) coïncide exactement

avec celle qu'a obtenue récemment Albert Crehore ([1]) en calculant, conformément au mécanisme que j'ai indiqué dans ma Note de 1913, l'action moyenne de deux atomes, mais en s'appuyant sur la loi d'action électronique tirée par Megh Nad Saha ([2]) de la Théorie de Minkowski.

Il est assez piquant de voir une théorie relativiste quadridimensionnelle conduire finalement à des résultats qu'on peut obtenir beaucoup plus simplement par la vieille formule d'Ampère. Toutefois je ne considère pas l'emploi que j'ai fait de cette formule comme définitif. Dès 1913, j'ai été conduit à envisager une loi rationnelle d'action élémentaire qui m'a été suggérée par l'étude des actions galvanostatiques ([3]), mais que les événements de la guerre d'abord, le peu de loisirs dont je puis disposer ensuite, ne m'ont pas permis, malgré d'intéressants résultats, de conduire à son complet achèvement. De la solution de ce problème théorique et de la connaissance plus approfondie des propriétés expérimentales du noyau paraissent dépendre les progrès de la théorie électrique de la gravitation.

En attendant il est possible par un raisonnement synthétique qui constitue, en fait, une théorie provisoire abrégée d'obtenir de la nature électrique de la gravitation plusieurs vérifications numériques intéressantes ([4]).

4. On a paru croire que cette théorie de la gravitation ne constituait qu'un développement des idées de Walter Ritz sur le même sujet ([5]). L'erreur est manifeste. La théorie de W. Ritz est une pseudo-théorie d'émission; la nôtre, au contraire, est purement ondulatoire. D'ailleurs W. Ritz n'a laissé à personne le soin de développer ses idées sur la gravitation. Il l'a fait très brillamment lui-même dans un intéressant Mémoire ([6]) qu'il suffit de parcourir pour se rendre compte que mon travail n'a rien de commun avec le sien.

([1]) *Phil. Mag.*, t. 42, 1921, p. 569.
([2]) *Physical Review*, t. 13, 1919, p. 34.
([3]) Voir la Note aux *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 941
([4]) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 872 et 1194.
([5]) *Revue de Paris*, 15 mars 1914, p. 353.
([6]) *Annales de Chimie et de Physique*, t. 13, 1908, p. 145.

PHYSIQUE. — *Sur les rayons gamma de la famille du radium et du thorium étudiés par leur effet photo-électrique*. Note de MM. **M. de Broglie** et **J. Cabrera**, présentée par M. Brillouin.

Il paraît maintenant acquis (¹) que le phénomène photo-électrique des rayons de grande fréquence, en donnant des rayons bêta dont l'énergie diffère du quantum des rayons excitateurs par le travail de sortie caractéristique de la couche intra-atomique à laquelle appartenaient les électrons émis, fournit un moyen d'évaluer la fréquence de la radiation incidente. M. Ellis (²) et Mlle Meitner (³) ont appliqué ce principe à l'étude des rayons gamma de plusieurs substances radioactives et ont abouti à des résultats très intéressants.

Nous avons poursuivi des recherches dans cette voie en utilisant un appareil précédemment décrit (⁴) qui permet d'obtenir des clichés de grande dimension; la présente Note a pour but d'indiquer quelques-uns des premiers résultats obtenus.

La source de rayonnement employée était pour le radium un tube contenant $27^{mg},5$ de bromure de radium et pour le mésothorium un tube contenant une préparation un peu moins active de bromure de mésothorium; les substances servant de radiateurs secondaires étaient utilisées sous forme de lames convenablement placées au voisinage immédiat du tube excitateur.

RAYONS GAMMA DE LA FAMILLE DU RADIUM.

Radiateurs.	Ag.	Ta.	Pt.	Au.	Pb.	U.	Moy.	Longueur d'onde 10^{-11} cm.	λ (Ellis).
				Énergies en kilovolts.					
a........	240	236	237	239	238	242	238	51,9	51,9
b........	289	288	287	292	290	296	290	42,6	42,3
c........	348	344	343	348	345	353	347	35,6	35,4
d........		402	408	416	409	410	409	30,2	30,8
e........	596	603	590	600	597	608	599	20,6	20,3

(¹) de Broglie, *Conférences-rapport sur les rayons X*, Chap. VI, p. 139.

(²) *Proc. Roy. Soc.*, A, t. 99, 1921, p. 261; t. 101, 1922, p. 1; *Proc. Camb. Phil. Soc.*, t. 21, Part II, 1922, p. 121.

(³) *Zeits. f. Phys.*, t. 9, 1922, p. 145, et t. 10, p. 303.

(⁴) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 939.

Tous ces rayons corpusculaires sont des électrons de la couche K. M. Ellis avait obtenu avec W, Pt, Pb et U les rayons *a*, *b* et *c*, avec le baryum le rayon *b*, avec l'argent *b* et *c* et avec le platine et l'uranium le rayon *e*; le rayon *d* est nouveau. M. Ellis en prévoyait l'existence d'après le spectre naturel de rayons du radium B.

RAYONS GAMMA DE LA FAMILLE DU MÉSOTHORIUM.

Radiateurs.	Ag.	Sn.	Ba.	Au.	U.	Moyennes.	Longueur d'onde 10^{-11} cm.
		Énergies en	*kilovolts.*				
a...........	72	70	72	75	71	72	171
b...........			210	206	205	207	59,7
c...........	235	230	234	234	233	233	53,0
d...........		339	330	334	333	334	37,0
e...........				415	417	416	29,7

Tous ces électrons proviennent de la couche K, sauf pour le rayon *a*, dans le cas de l'or et de l'uranium qui fonctionnent par leur couche L.

Le rayon *c* avait été excité par Mlle Meitner dans le plomb et le platine; on peut aussi le déduire du spectre naturel du thorium B.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude dilatométrique des alliages d'aluminium avec le magnésium et le silicium.* Note (¹) de MM. **A. Portevin** et **P. Chevenard**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Les recherches de Rosenhain, Archbutt, Hanson et Gayler (²) ont rattaché les phénomènes de trempe présentés par les alliages dénommés duralumins à la variation de solubilité, dans l'aluminium solide, de la combinaison Mg^2Si. Mais les courbes de solubilité de Mg^2Si dans l'aluminium à l'état solide n'ont été tracées qu'indirectement.

Nous nous sommes attachés à montrer que ces transformations pouvaient être étudiées par la méthode dilatométrique différentielle et nous résumons ici quelques résultats obtenus sur les alliages Al-Mg^2Si. Dans l'appareil établi par l'un de nous (³), on a substitué, pour accroître la sensibilité, à

(¹) Séance du 22 janvier 1923.

(²) *Institution of Mech. Eng.*, septembre 1921; *Journ. Inst. Metals*, t. 24, 1920, p. 201, et t. 26, 1921, p. 321.

(³) Chevenard, *Rev. Mét.*, t. 14, septembre-octobre 1917, p. 610.

l'étalon thermométrique habituel de Baros, un étalon d'aluminium de grande pureté (99,7 pour 100 Al; 0,15 pour 100 Fe; 0,13 pour 100 Si).

La figure 1 donne des courbes dilatométriques relatives à un alliage contenant 0,95 pour 100 Mg et 1,25 pour 100 Si (soit 1,48 pour 100 Mg^2Si), cet alliage *initialement recuit* a été soumis à une série de cycles thermiques (¹) numérotés de 1 à 10, le cycle 7 atteignant la fusion commençante.

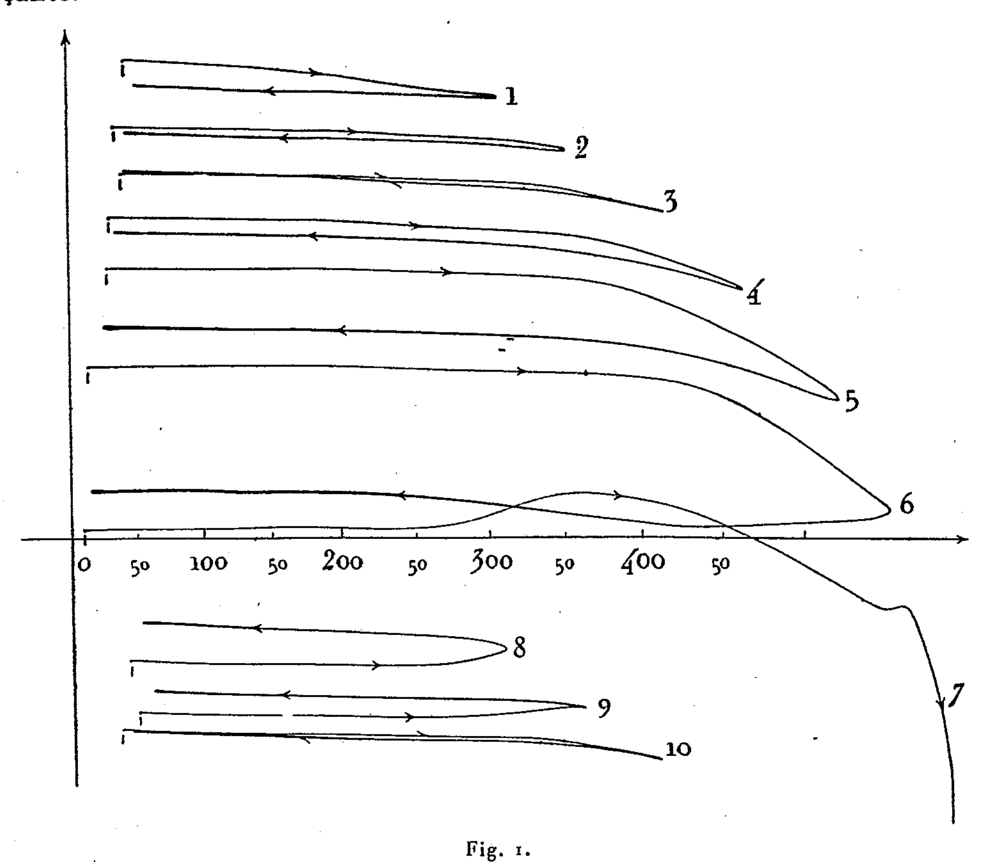


Fig. 1.

L'incurvation présentée par les courbes 3 à 6 au delà de 350° traduit la solubilisation graduelle de Mg^2Si, qui est accompagnée d'une *contraction* de l'alliage.

Au refroidissement, la précipitation de Mg^2Si est marquée inversement par une expansion progressive, mais elle est *retardée* et *incomplète*, de sorte

(¹) Vitesse moyenne d'échauffement : 250° à l'heure; au refroidissement, la vitesse est telle que le passage de 500° à 100° se fait en 1 heure.

qu'il subsiste finalement une *contraction résiduelle* dont l'amplitude va en augmentant du cycle 3 au cycle 6, c'est-à-dire avec la température atteinte au chauffage. Il subsiste donc, après ces cycles thermiques et en quantités croissantes, du Mg^2Si dissous en excès, caractérisant un effet de trempe de plus en plus accentué. Au réchauffage, il y a séparation du Mg^2Si dissous en excès (effet de revenu), laquelle devient plus rapide aux environs de 250°-300° et arrive alors à se manifester sur les courbes d'échauffement des cycles 7, 8 et 9 par une expansion progressive très marquée.

Les cycles 8 et 9 se soldent donc par un effet de revenu avec expansion, alors que les cycles 1 et 2 accusent un léger effet de trempe avec contraction résiduelle. Il y a effet de trempe à *toute température*, pour la vitesse de refroidissement adoptée, et la quasi-réversibilité des phénomènes indiquée par les courbes 3 et 10 résulte seulement de ce que les effets de revenu à l'échauffement contre-balancent les effets de trempe au refroidissement.

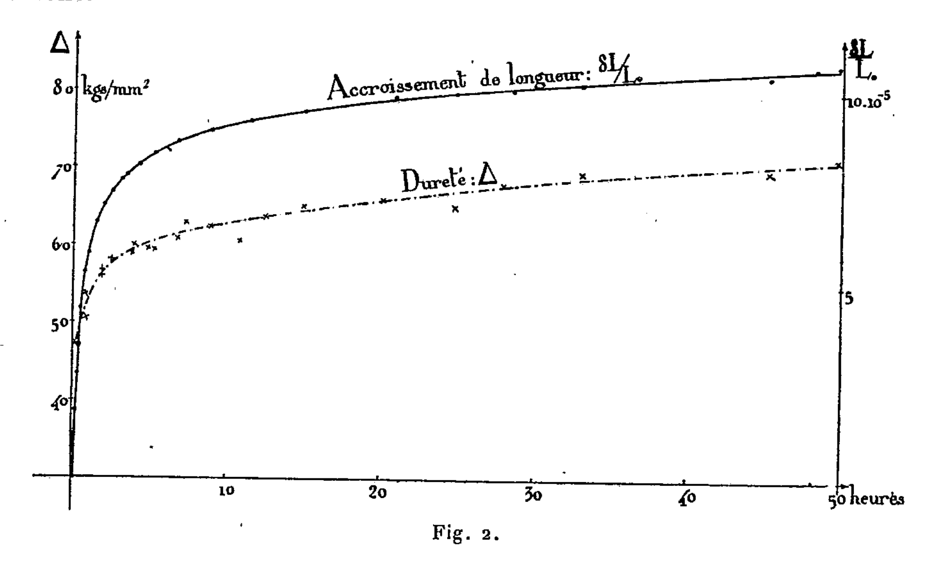


Fig. 2.

Le phénomène de revenu spontané à la température ordinaire, que représentent les alliages trempés, peut être également étudié par voie dilatométrique. La figure 2 donne la courbe d'expansion en fonction du temps obtenue avec un dilatomètre différentiel de très grande sensibilité ainsi que la courbe de croissance de la dureté. On a ainsi relié entre eux les trois phénomènes de durcissement, d'expansion et de précipitation du Mg^2Si.

Les expériences poursuivies entre 20° et 80° ont montré que la vitesse de précipitation croît sensiblement suivant une loi exponentielle de la température, et double pour un intervalle d'environ 10°.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la dissociation du sulfate d'argent.* Note de M[lle] G. MARCHAL, présentée par M. H. Le Chatelier.

La décomposition du sulfate d'argent sous l'influence de la chaleur donne naissance à une réaction équilibrée formant un système divariant qui devient monovariant quand on s'astreint à n'avoir dans la phase gazeuse que les gaz provenant de la décomposition. J'ai étudié cet équilibre en me plaçant dans ce dernier cas. La pression totale d'équilibre P, correspondant à une température déterminée, a été mesurée en employant le même dispositif que pour le sulfate de glucinium (¹), c'est-à-dire en plaçant le sel dans le réservoir d'un tube pyrométrique de porcelaine à tube capillaire, chauffé dans un four électrique et communiquant avec un manomètre à mercure. On chauffe après avoir fait le vide dans l'appareil : le sulfate d'argent fond à 660° C. (²), puis se décompose selon la réaction

$$(1)\qquad SO^4\,Ag^2_{liq.} = Ag^2_{sol.} + SO^2_{gaz} + O^2_{gaz}$$

tandis qu'il subsiste dans la phase gazeuse un peu d'anhydride sulfurique pour satisfaire à l'équilibre

$$(2)\qquad 2\,SO^3_{gaz} \rightleftharpoons 2\,SO^2_{gaz} + O^2_{gaz}$$

Pour les pressions P ainsi déterminées expérimentalement, on a trouvé les valeurs suivantes (en centimètres de mercure) :

$t°$ C.	Pcm.	$t°$ C.	Pcm.	$t°$ C.	Pcm.	$t°$ C.	Pcm.
820°...	1,46	970°...	13,50	1070°...	49,00	1135°...	108,00
850...	2,50	990...	17,50	1080...	53,30	1150...	124,90
880...	3,80	1000...	20,30	1090...	61,20	1160...	135,00
900...	5,10	1020...	25,20	1100...	70,84	1180...	159,00
920...	6,80	1030...	28,90	1110...	80,00	1190...	174,50
940...	9,40	1050...	37,70	1120...	91,37	1205...	201,10
960...	12,00	1060...	42,60	1135...	104,00	1220...	224,10

L'équation d'équilibre de la réaction (2), déterminée par les expériences de Bodenstein et Pohl (³) m'a permis de calculer à chaque température la composition de la phase gazeuse : le Tableau ci-après traduit les résultats obtenus par ce calcul :

(¹) G. MARCHAL, *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 270.
(²) K. FRIEDRICH et A. BLICKLE, *Metall.*, t. 7, p. 331.
(³) M. BODENSTEIN et W. POHL, *Zeitschrift für Elektrochemie*, t. 11, 1905, p. 373.

Températures centigrades.	Températures absolues.	p_{SO_3}.	p_{SO_2}.	p_{O_2}.
°	°	cm	cm	cm
820	1093	0,05	0,69	0,72
850	1123	0,08	1,19	1,22
880	1153	0,12	1,81	1,87
900	1173	0,15	2,43	2,51
920	1193	0,20	3,24	3,35
940	1213	0,28	4,48	4,62
960	1233	0,36	5,74	5,90
970	1243	0,39	6,45	6,65
990	1263	0,50	8,37	8,62
1000	1273	0,58	9,71	10,00
1020	1293	0,70	12,06	12,42
1030	1303	0,81	13,84	14,24
1050	1323	1,07	18,04	18,58
1060	1333	1,20	20,40	21,00
1070	1343	1,39	23,45	24,15
1080	1353	1,48	25,53	26,26
1090	1363	1,72	29,30	30,17
1100	1373	2,02	33,89	34,91
1110	1383	2,29	38,28	39,42
1120	1393	2,64	43,70	45,02
1130	1403	3,03	49,72	51,24
1135	1408	3,12	51,65	53,21
1150	1423	3,57	59,76	61,55
1160	1433	3,79	64,65	66,55
1180	1453	4,39	76,20	78,40
1190	1463	4,77	83,66	86,05
1205	1478	5,45	96,46	99,18
1220	1493	5,96	107,57	110,56

Ces valeurs des pressions partielles permettent de calculer l'ordre de grandeur de la chaleur absorbée dans la décomposition du sulfate d'argent : en appliquant à la réaction (1) la formule

$$q = \frac{4,57[\log K_2 - \log K_1]T_1 T_2}{T_2 - T_1}$$

on obtient $82^{cal},4$ (moyenne de 5 valeurs) entre 820° et 1000°C. L'application au même calcul de l'équation de Nernst sous sa forme approchée

$$\log K = \frac{q'}{4,57T} + \sum n \times 1,75 \log t + \sum nc$$

donne $103^{cal},9$ à 820° et $103^{cal},2$ à 1000°C. En utilisant les chaleurs de

formation du sulfate d'argent et du gaz sulfureux figurant dans les Tables de la Thermochimie de Berthelot, on trouve que la réaction (1) correspond à une absorption de chaleur de $97^{cal},8$ à la température ordinaire, nombre qui est supérieur à la chaleur de réaction à haute température comme l'indique la considération des variations des chaleurs spécifiques des divers corps intervenant dans la réaction.

A l'aide de mes données expérimentales, on peut calculer pour chaque température l'état d'équilibre du système divariant, quand on connaît la valeur de la variable qui fixe les conditions de la réaction. C'est ainsi par exemple, que si l'on s'arrange pour que la pression d'oxygène à l'équilibre soit égale à $\frac{1}{5}$ d'atmosphère, pression de l'oxygène dans l'air, on peut calculer à toutes températures les pressions de gaz sulfureux et d'anhydride sulfurique à l'équilibre, valeurs qui peuvent être intéressantes à considérer dans l'étude du grillage à l'air du sulfure d'argent; le Tableau suivant indique quelques-uns de ces résultats :

Températures.	p_{SO^3}.	p_{SO^2}.	p_O.
o C.	cm	cm	cm
900	0,06	0,40	15,2
1000	0,47	6,39	15,2
1100	3,06	77,83	15,2
1205	13,92	629,40	15,2

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la loi de dissolution.*

Note de M. **Paul Mondain-Monval**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Le phénomène de la dissolution, envisagé au point de vue de la Mécanique chimique, a depuis longtemps sollicité l'attention des savants. Dès 1885, M. Le Chatelier (¹) avait donné, pour représenter cette loi, la formule bien connue :

$$500\,L\frac{dT}{T^2}+i\frac{dC}{C}=0.$$

Quelques mois plus tard, Van't Hoff retrouvait la même formule en partant de considérations sur la pression osmotique. Il donne dans son Mémoire (²) quelques chiffres qui confirment cette loi d'équilibre, qualitativement, d'une façon très satisfaisante, mais les vérifications quantitatives

(¹) Le Chatelier, *Comptes rendus*, t. 100, 1885, p. 50; t. 118, 1894, p. 638.

(²) Van't Hoff, *Archives néerlandaises*, 1re série, t. 20, 1885-1886, p. 290.

sont beaucoup moins heureuses. Elles portent uniquement sur des sels très peu solubles (bioxalate, bichromate, chlorate, alun de potassium). Pour ces sels, Van't Hoff compare le résultat du calcul de L au moyen de la formule (L étant la chaleur de dissolution moléculaire du sel dans une solution très voisine de son point de saturation) à la chaleur de dissolution des mêmes sels en liqueur diluée, 200 à 400 molécules d'eau, sans faire observer que l'accord numérique apparent, ainsi obtenu entre des quantités très différentes, n'est dû qu'à la petitesse des chaleurs de dilution et d'addition des sels choisis, ainsi que je l'ai vérifié sur le chlorate de potasse.

En calculant L par la formule et en la comparant avec la chaleur Q pour des sels très solubles, ayant des chaleurs de dilution et d'addition non négligeables, on obtient des résultats discordants :

	AzO^3Na.	AzH^4Cl.	$AzO^3.AzH^4$.	AzO^3K.
L......	−2,16	−3,6	−3	−5,8
Q......	−4,8	−3,9	−6,3	−8,3

Il était donc intéressant de vérifier l'exactitude de la formule pour des solutions concentrées de sels très solubles. Aussi ai-je entrepris cette étude en opérant sur des solutions saturées de nitrate de sodium, qui, à la température ordinaire, renferment près de la moitié de leur poids de ce sel.

J'ai dû commencer par redéterminer quelques points de la courbe de solubilité de ce sel, les chiffres obtenus par différents expérimentateurs manquant de concordance; les valeurs trouvées que je donne ici coïncident presque avec la courbe d'interpolation des résultats de Berkeley [1] :

t°..................................	16°,2.	20°,0.	25°,0.
Grammes $NaAzO^3$ dans 100^g d'eau...	84,8	87,8	92,0

Van't Hoff, dans ses calculs, introduisait pour la valeur de i le résultat des expériences cryoscopiques de Raoult. Cette manière de faire, légitime dans le cas de solutions saturées de sels très peu solubles, ne le serait plus du tout dans le cas actuel. Comme cela résulte du mode de calcul employé pour établir la formule, i représente l'abaissement proportionnel de la tension de vapeur de l'eau en fonction de l'accroissement de solubilité. A température constante, sa valeur numérique sera donnée par la relation

$$i = \frac{\operatorname{Log} f_1 - \operatorname{Log} f_2}{\operatorname{Log} c_1 - \operatorname{Log} c_2},$$

(1) Berkeley, *Trans. Roy. Soc.*, t. 203, [A], 1904, p. 211.

f_1 et f_2 étant les tensions de deux solutions de concentration (en eau) c_1 et c_2. De nombreuses mesures de Tammann (1), Smits (2), Voitaschewsky (3), Lincoln et Klein (4), conduisent à donner à i pour la solution saturée à la température ordinaire une valeur égale à 1,68.

Partant de ces données et appliquant la formule, on trouve pour L

$$L = -2^{cal},16.$$

Pour déterminer expérimentalement cette chaleur de dissolution dans une solution voisine de la saturation, j'ai employé deux méthodes dont l'une est directe et l'autre utilise un calcul thermochimique :

1° J'ai tenté de mesurer cette chaleur-limite directement, par dissolution du nitrate très finement pulvérisé dans des solutions de plus en plus concentrées du même sel. L'opération se faisait dans un vase de Dewar argenté servant de calorimètre. Les abaissements de température étaient déterminés au moyen d'un thermomètre Baudin au $\frac{1}{50}$. Ce thermomètre, muni d'un disque de laiton, servait en même temps d'agitateur. J'ai déterminé ainsi 14 chaleurs de dissolution dans des solutions de plus en plus concentrées. Le Tableau suivant donne les résultats trouvés à 16° :

Sel % .	0	4,1	12,4	23,7	30,2	36,6	40,3	43,6	44,4
L....	−4,75	−4,37	−3,59	−2,65	−2,45	−2,34	−2,25	−2,135	−2,135

Par extrapolation, pour la solution saturée à 46 pour 100,

$$L = -2^{cal},13.$$

2° On sait qu'à $t°$, la chaleur moléculaire de dissolution en solution saturée est égale à la chaleur de dissolution dans une grande quantité d'eau Q, diminuée de la chaleur de dilution D et de la chaleur d'addition ε, celle-ci résultant de l'addition à une quantité indéfinie de solution saturée du volume d'eau nécessaire pour dissoudre à saturation la molécule du sel :

$$L = Q - D - \varepsilon.$$

La mesure de ces quantités à la température de 16° *m'* a donné :

$Q = -4,75$ dans 110^{mol} d'eau;
$D = -2,02$ (dilution de 5,5 à 110^{mol} d'eau);
$\varepsilon = -0,58$.

(1) TAMMANN, *Wiedem. Ann.*, t. 24, 1885, p. 530.
(2) SMITS, *Zeitsch. phys. Chemie*, t. 39, 1902, p. 385.
(3) WOITASCHEWSKY, *Z. phys. Chemie*, t. 78, 1911, p. 115.
(4) LINCOLN et KLEIN, *Journal of phys. Chemis.*, t. 11, 1907, p. 318.

Cette dernière quantité de chaleur résultant de l'addition de 100^g d'eau à 1370^g de solution saturée.

Par suite,

$$L = -2^{cal},15.$$

L'écart entre les trois valeurs de L calculées et trouvées (2,16; 2,13 et 2,15) ne dépasse pas 2 pour 100. Le nitrate de sodium sel très soluble obéit donc très exactement à la loi de solubilité.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Atmolyse d'un mélange gazeux à plusieurs constituants. Application au mélange utilisé dans l'industrie de l'acide sulfurique par le procédé de contact.* Note(1) de MM. **Édouard** et **Remy Urbain**, présentée par M. Georges Urbain.

Dans un travail théorique sur l'atmolyse, Lord Rayleigh (2) a considéré la séparation de deux gaz et a étudié plus particulièrement l'enrichissement du gaz à masse moléculaire la plus élevée. Nous nous proposons, dans cette Note, un problème analogue en considérant un nombre quelconque de gaz. Nous définirons d'ailleurs d'autres grandeurs physiques que celles adoptées par Lord Rayleigh, parce qu'elles se prêtent mieux aux vérifications expérimentales.

Dans un certain volume n gaz sont mélangés; il y a primitivement X_μ molécules du $\mu^{\text{ième}}$ gaz. Ce mélange diffuse à travers une paroi poreuse et l'on élimine constamment les molécules diffusées, de manière à maintenir la diffusion dans un seul sens. On peut alors étudier deux cas :

1° La composition du mélange qui a traversé la paroi (mélange diffusé);

2° La composition du mélange qui n'a pas traversé la paroi (mélange résiduel).

Nous nous bornerons à l'étude du second cas.

On laisse diffuser le mélange pendant un temps t, tel que le rapport du nombre total des molécules résiduelles au nombre total des molécules initiales ait une valeur donnée ϖ.

On suppose que le mélange reste homogène et que chaque gaz diffuse comme s'il était seul.

Soient pour le $\mu^{\text{ième}}$ gaz :

x_μ le nombre de molécules résiduelles au temps t ;

dx_μ le nombre de molécules qui diffusent entre les instants t et $t+dt$;

α_μ le taux de diffusion.

---

(1) Séance du 22 janvier 1923.

(2) Lord Rayleigh, *Phil. Mag.*, t. 42, 1896, p. 493.

On a

$$dx_\mu = -\alpha_\mu x_\mu \, dt.$$

Intégrant

$$\int_{X_\mu}^{x_\mu} \frac{dx_\mu}{x_\mu} = -\int_0^t \alpha_\mu \, dt;$$

d'où

$$x_\mu = X_\mu \, e^{-\alpha_\mu t}.$$

Si l'on admet que, dans les conditions de l'expérience, la loi de Graham est applicable, on pourra poser

$$\alpha_\mu = \frac{k}{\sqrt{m_\mu}},$$

m_μ désignant la masse moléculaire du gaz et k une constante caractérisant la paroi employée.

La concentration moléculaire τ_μ du $\mu^{\text{ième}}$ gaz dans le mélange initial est par définition

$$\tau_\mu = \frac{X_\mu}{\sum_{\lambda=1}^{\lambda=n} X_\lambda}.$$

La concentration moléculaire finale θ_μ du $\mu^{\text{ième}}$ gaz dans le mélange résiduel est de même

$$\theta_\mu = \frac{x_\mu}{\sum_{\lambda=1}^{\lambda=n} x_\lambda}.$$

Nous définirons l'enrichissement (¹) r_μ du $\mu^{\text{ième}}$ gaz par la relation

$$\theta_\mu = r_\mu \tau_\mu.$$

Par définition, on a, d'autre part,

$$\varpi = \frac{\sum_{\lambda=1}^{\lambda=n} x_\lambda}{\sum_{\lambda=1}^{\lambda=n} X_\lambda}.$$

Tous calculs faits, on obtient

$$(1) \qquad \sum_{\lambda=1}^{\lambda=n} \tau_\lambda \, r_\mu^{\sqrt{\frac{m_\mu}{m_\lambda}}} \, \varpi^{\sqrt{\frac{m_\mu}{m_\lambda}}-1} = 1$$

qui permet, étant donné ϖ, de trouver la valeur de r_μ quel que soit μ.

(¹) Lord Rayleigh définissait l'enrichissement dans le cas de deux gaz par

$$\frac{x_1}{x_2} : \frac{X_1}{X_2}.$$

La discussion de cette équation montre que r_μ étant donné (ou μ étant donné), il n'existe pas toujours pour ϖ des valeurs physiquement acceptables quel que soit μ (ou quel que soit r_μ).

Nous appelons valeur physiquement acceptable une valeur de ϖ telle que

$$0 \leq \varpi \leq 1.$$

Cependant, si le gaz considéré est celui à masse moléculaire la plus élevée, on trouve toujours, quel que soit r_μ, une valeur de ϖ satisfaisant à l'inégalité.

Si nous appliquons cette formule dans le cas où la diffusion se fait dans un tube poreux, ϖ désignera le rapport des débits en volume, mesurés à la même pression, des gaz à la sortie et à l'entrée du tube atmolyseur; τ et θ désigneront les concentrations initiales et finales de chacun des gaz.

Ces calculs ont été faits parallèlement à des expériences sur les variations de concentration de l'anhydride sulfureux dans un mélange d'oxygène et d'azote soumis à l'atmolyse, cas qui se présente dans l'industrie de l'acide sulfurique par contact qui utilise actuellement des catalyseurs très actifs, très coûteux et d'ailleurs très sensibles aux moindres impuretés. Le catalyseur oxyde de fer, qui donne de moins bons rendements mais qui est peu coûteux et est peu sensible aux impuretés ordinaires de l'anhydride sulfureux provenant du grillage de pyrites, présente un grand intérêt, si, partant de gaz ayant subi la catalyse, on ramène ceux-ci à leur richesse initiale par atmolyse.

Nous ne nous sommes pas astreints à employer des gaz aux teneurs industrielles; les résultats de nos expériences faites toutes dans les mêmes conditions ont été les suivants :

La formule (1) prend la forme

$$(2) \qquad r_{SO^2}[\tau_{N^2}(r_{SO^2}\varpi)^{0,5118}+\tau_{O^2}(r_{SO^2}\varpi)^{0,4142}+\tau_{SO^2}]=1.$$

On a observé avant atmolyse :

	En valeur p. 100.	
SO^2	7,5	Moyenne de 10 expériences
O^2	10,2	
N^2	82,3	

Après atmolyse la portion résiduelle a donné en moyenne :

SO^2 .... 9,5 pour 100

Le rapport des débits en volumes ϖ était 27,7 pour 100. Calculant

l'enrichissement on trouve :

	Trouvé.	Calculé.
r_{SO^2}	1,27	1,49

L'enrichissement est donc notable. La concordance entre les nombres calculés et les nombres observés est suffisante en première approximation.

Nous avons constaté que l'humidité exerce sur le phénomène une influence gênante, et que les résultats diffèrent légèrement avec la nature des parois.

CHIMIE. — *Sur une relation entre les nombres atomiques et les poids atomiques des éléments chimiques.* (Extrait.) Note [1] de M. F. **Loewinson-Lessing.**

J'ai trouvé une relation empirique assez régulière entre les numéros d'ordre des éléments voisins et leur poids atomique.

Les sommes des numéros d'ordre de deux éléments voisins, à partir de He, donnent les relations suivantes : pour les vingt premiers éléments, le poids atomique est égal à, + ou — une unité près, à la somme des nombres atomiques de cet élément et de celui qui le suit immédiatement. A partir du scandium, la différence atomique δ, c'est-à-dire la différence entre le poids atomique en nombres ronds et la somme des nombres atomiques susindiquée augmente et atteint une valeur de 51 à la fin ; mais, dans certains groupes d'éléments voisins, la valeur de δ reste à peu près égale. On trouve, d'autre part, dans les rangées horizontales du système périodique une certaine régularité d'accroissement.

On connaît une relation analogue entre le poids atomique de chaque élément et le double de son nombre atomique; mais pour mettre cette relation en valeur, il faut prendre la différence (que nous désignerons par Δ) et non pas le quotient, comme on l'a fait.

La corrélation susindiquée permet de prévoir les poids atomiques des cinq éléments non encore découverts, de corriger les poids atomiques de certains éléments, quand la valeur de δ ou Δ présente un écart sensible avec celles du groupe en question, de vérifier les poids atomiques indiqués provisoirement dans le système périodique, enfin de constater des isotopes. Voici quelques conclusions que j'ai pu tirer de la valeur de δ ou Δ et qui se

(1) Séance du 22 janvier 1923.

1*.	Me.	Li.	Be.	B.	C.	N.	O.	F.
	5	7	9	11	13	15	17	19
	4	6,94	9,1	11,0	12,00	14,01	16,00	19,00
		6; 7		10; 11				
	1	1; 0	0	1; 0	1	1	1	0

2.	Ne.	Na.	Mg.	Al.	Si.	P.	S.	Cl.
	21	23	25	27	29	31	33	35
	20,2	23,00	24,32	27,1	28,3	31,04	32,06	35,46
	20; 22		24; 25; 26		28; 29; (30)			34; 35; 36
	—1; +1	0	—1; +1	0	1; 0	0	1	—1; 0; +1

3.	A.	K.	Ca.	Sc.	Ti.	V.	Cr.	Mn.
	37	39	41	43	45	47	49	51
	39,88	39,10	40,07	45,1	48,1	51,0	52,0	54,3
	36					(50)		
	1	0	1	2,1	3,1	4; (3)	3	3,3

4.	Fe.	Co.	Ni.	Cu.	Zn.	Ga.	Ge.	As.	Se.	Br.
	53	55	57	59	61	63	65	67	69	71
	55,84	58,97	58,68	63,57	65,37	69,9	72,5	74,96	79,2	79.92
	(56)	(58)	(60)		(68)	70			78	81
	2,84; (5)	3,97; (3)	(3); 2,68	4,57	4,37; (7)	6,9; (7)	7,5	7,96	10,2; (9)	8,9; (10)

5.	Kr.	Rb.	Sr.	Y.	Zr.	Nb.	Mo.	N° 43.
	73	75	77	79	81	83	85	87
	82,92	85,45	87,63	88,7	90,6	93,5	96,0	
	82; 83	85		89	91			98
	9,92; (11); 10	10,45; (10)	10,63	9,7; (10)	9,6; (10)	10,5	11	11

6.	Ru.	Rh.	Pd.	Ag.	Cd.	In.	Sn.	Sb.	Te.	I.
	89	91	93	95	97	99	101	103	105	107
	101,7	102,9	106,7	107,88	112,4	114,8	118,7	120,2	127,5	126,92
							117; 118; (119)	125		
	12,7	11,9	13,7	12,88	15,4	15,8	17,7; 16; 17; 18	17,2	225; (20)	19,92

7.	Xe.	Cs.	Ba.	La.	Ce.	Pr.	Nd.	N° 61.	Sm.	Eu.
	109	111	113	115	117	119	121	123	125	127
	130,2	132,81	137,37	139,0	140,25	140,9	144,3		150,4	152,0
	129; 130; 131				141	142; 143	144; 145	146; (148)		
	21,2; 20; 21; 22	21,81	24,37	24	23,25; (24)	21,9; (23,9)	23,3; 23; 24	23	25,4	25

8.	Gd.	Tb.	Dy.	Ho.	Er.	Tul.	Yb.	Lu.	Tu II.	Ta.	W.	N° 75.
	129	131	133	135	137	139	141	143	145	147	149	151
	157,3	159,2	162,5	163,5	167,7	168,5	173,5	175,0		181,5	184,0	
			161; 162		165; 166	167; 168	(171); (173)		177; 179			186 (188)
	28,3	28,1	29,5; (28,5)	28,5	30,7; (28,5)	29,5; (28,5)	32,5; (28,5)	32	32; 34	34,5	35	35

9.	Os.	Ir.	Pt.	Au.	Hg.	Tl.	Pb.	Bi.	Po.	N° 85.
	153	155	157	159	161	163	165	167	169	171
	190,9	193,1	195,2	197,2	200,6	204,0	207,20	208,0	(210,01)	
					199; 201		206			220
	37,9	38	38	38	39,6; (38); 40	41	42; 20; 41	41	41	49

10.	Em.	N° 87.	Ra.	Ac.	Th.	Pa.	U.	N° 93.
	173	175	177	179	181	183	185	187
	(222,0)		226,0	(227)	232,15	(230)	238,2	
	222	224		228; (230)		234	236	238
	49	49	49	46; 49; 51	51	47; (51)	51	51

* La première ligne du Tableau, qui est divisé en dix groupes, contient les symboles des éléments; la deuxième, les sommes des nombres atomiques de chaque élément et du suivant; la troisième, les poids atomiques actuellement admis; la quatrième, les isotopes et les poids atomiques qui correspondent le mieux à la corrélation visée, enfin la dernière ligne, les différences atomiques. Je donne les poids atomiques sans décimales puisque j'admet qu'ils doivent être des nombres entiers; l'existence de décimales est, à mes yeux, une présomption d'existence d'isotopes.

trouvent être déjà en partie confirmées par des recherches d'ordre expérimental (au moyen des rayons positifs) et théorique [1] :

I. *Poids atomiques des éléments non découverts :*

N° 43 : Son poids atomique ne sera pas inférieur à 98 et pas supérieur à 99,5-99,7.

N° 61 : La valeur de δ exige un poids atomique de 146 à 146,5 (146,3), celle de Δ.... 146 à 148.

N° 75 : Le poids atomique serait 186 ou 188 d'après δ et 186 ou 189 d'après Δ.

N° 85 : Son poids atomique doit être 220.

N° 87 : Son poids atomique doit être égal à 224; sa position entre Em et Ra et dans la série Em-N° 87-Ra-Ph-Pa-M s'accorderait bien avec un tel poids atomique.

II. *Poids atomiques indiqués comme provisoires et devant être modifiés :*

Ac (N° 89) : Le poids atomique présumé 227 doit être remplacé par 228 au moins); il n'excédera pas 230.

Pa (N° 91) : Dans le tableau de M. Fajans, nous trouvons 230; mais le poids atomique de cet élément doit être égal à 234, ce qui serait en parfaite harmonie entre le thorium et l'uranium.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Une préparation nouvelle de l'acide monochloracétique.* Note de MM. **L.-J. Simon** et **G. Chavanne**, présentée par M. Charles Moureu.

On sait l'importance prise dans la synthèse organique pure ou appliquée et en particulier dans la fabrication industrielle de l'indigo par l'acide monochloracétique. Jusqu'à ces dernières années, cet acide s'obtenait exclusivement par l'action directe du chlore sur l'acide acétique en présence de substances variées, de soufre notamment [2]. Des brevets [3] ont

---

[1] Je citerai, par exemple, le dernier tableau des poids atomiques publié par la Société chimique allemande, que nous n'avions pas à notre disposition en Russie, et où je trouve certains poids atomiques, comme pour le nickel, le protactinium, etc., coïncidant avec ceux que j'avais prévus

[2] Béhal et Auger, *Bul. Soc. chim.*, 3e série, t. 2, 1889, p. 145.

[3] Imbert et Konsortium f. Electroch. Ind., D. R. P. 209268, 210502, 212592, 216716 (*Ch. Centr. Bl.*, 1909, I, p. 785; II, 78. p. 1024; 1910, I, 214, p. 1999.

bien été pris d'après lesquels on obtient le monochloracétate d'éthyle à partir de l'oxyde d'éthyle et de dichlorovinyle $CHCl = CCl - OC^2H^5$ par l'action de l'eau en quantité calculée, de l'acide chlorhydrique concentré ou de l'alcool éthylique sur cet éther oxyde, l'emploi d'un excès convenable d'eau donnant l'acide monochloracétique lui-même. Et l'on sait d'autre part que l'oxyde d'éthyle et de dichlorovinyle provient du trichloréthylène par réaction des alcalis ou de l'éthylate de sodium en solution alcoolique [1]. Mais il ne semble pas que cette transformation par étapes du trichloréthylène en acide monochloracétique ait été mise en œuvre dans l'industrie.

Dans la présente Note nous donnons le principe d'une préparation essentiellement nouvelle de l'acide monochloracétique, découverte en 1916, actuellement industrialisée. Cette préparation est fondée sur la transformation du trichloréthylène par hydratation en acide monochloracétique et gaz chlorhydrique,

$$CHCl = CCl^2 + 2H^2O = CH^2Cl - CO(OH) + 2HCl.$$

L'agent d'hydratation est l'acide sulfurique de concentration convenable, la réaction s'effectue avec le trichloréthylène à l'état de vapeur. La concentration de l'acide sulfurique et la température peuvent se mouvoir entre certaines limites; on règle ces variables de manière à atteindre le meilleur rendement et la plus grande vitesse de réaction. On opère de préférence avec une concentration de 90 à 93 pour 100 et à une température comprise entre 160° et 180°. L'acide monochloracétique se partage entre la phase liquide (acide sulfurique) et la phase gazeuse (gaz chlorhydrique, vapeur de trichloréthylène); par une séparation des deux phases à une température assez élevée et par l'emploi d'un excès de trichloréthylène, on favorise l'entraînement de l'acide monochloracétique. On peut, d'autre part, extraire celui-ci de sa solution sulfurique par distillation sous pression réduite, ou par agitation avec l'éther après dilution convenable, ou encore le transformer en monochloracétate d'éthyle par addition d'alcool. Mais la présence d'acide monochloracétique dissous dans l'acide sulfurique ne diminue pas les propriétés hydratantes de ce dernier, et il suffit de lui restituer l'eau qu'il a perdue pour rendre son utilisation continue. *Le rendement atteint et peut dépasser* 90 *pour* 100 *du rendement théorique.*

---

[1] PATERNO ET OGLIALORO, *D. ch. G.*, t. 7, 1874, p. 81.

Comme l'acide sulfurique doit être employé à une certaine concentration, et comme d'autres acides (phosphorique, chlorhydrique) en solution concentrée n'ont aucune action, on peut concevoir le mécanisme de la réaction de la manière suivante :

Addition de SO^4H^2 comme dans le cas de l'éthylène,

$$CHCl=CCl^2+SO^4H^2 = CH^2Cl-CCl^2-O-SO^3H;$$

hydrolyse de l'éther sulfurique formé et départ de HCl,

$$CH^2Cl-CCl^2-OSO^3H+H^2O = CH^2Cl-CCl^2(OH)+SO^4H^2,$$
$$CH^2Cl-CCl^2(OH) = CH^2Cl-COCl+HCl;$$

passage du chlorure acide à l'acide par action d'une nouvelle molécule d'eau et départ d'une autre molécule de HCl,

$$CH^2Cl-COCl+H^2O = CH^2Cl-CO(OH)+HCl.$$

Les choses se passent autrement quand, au lieu d'acide sulfurique, on emploie des oléums.

Bœseken (¹) a montré que le trichloréthylène peut être dissous, à température modérée (88°) dans l'oléum à 10 pour 100 d'anhydride; cette solution, traitée par l'eau, donne naissance à l'acide sulfochloracétique $SO^3H.CHClCO(OH)$ que l'auteur a identifié par son sel de baryum. Nous avons reconnu que la dissolution du trichloréthylène dans l'oléum commence dès la température ordinaire quand on agite le mélange et qu'elle paraît plus aisée si l'on emploie un oléum plus riche en anhydride; si l'on ajoute alors à la solution une quantité d'eau suffisante pour que l'acide sulfurique soit dans la liqueur finale à une concentration d'environ 90 pour 100 et si l'on élève ensuite progressivement la température jusqu'aux environs de 190°-200° sous pression réduite, on constate une distillation très lente d'acide monochloracétique. Tout se passe comme s'il y avait une lente hydrolyse de l'acide sulfochloracétique par l'acide sulfurique chaud, mais le rendement en acide chloracétique est peu satisfaisant.

(¹) *Rec. d. Tr. ch. des Pays-Bas*, t. 32, 1913, p. 15.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Transpositions pinacoliques et semi-pinacoliques. Aptitudes migratrices comparées des divers radicaux.* Note [1] de M. M. Tiffeneau et Mlle J. Lévy, présentée par M. A. Haller.

Les transpositions moléculaires observées dans le groupe des α-glycols et de leurs dérivés, halohydrines et oxydes d'éthylène, se ramènent à deux types essentiels [2] : d'une part, le type pinacolique qui comprend les transpositions pinacoliques proprement dites et les transpositions semi-pinacoliques, et dans lequel la migration de l'un des radicaux carbonés est d'une nécessité structurale évidente; d'autre part, le type hydrobenzoïnique qui comprend la transposition hydrobenzoïnique proprement dite et la transposition semi-hydrobenzoïnique, et dans lequel la migration n'a lieu que lorsque le radical carboné est cyclique, car celui-ci émigre de préférence à l'atome d'hydrogène

R, R > C(–O–) — C< Type pinacolique.

Ar, H > C(–O–) — C< Type hydrobenzoïnique.

L'examen des deux schémas ci-dessus montre que c'est seulement dans le groupe des transpositions du type pinacolique que l'on peut, en introduisant deux radicaux différents R et R', déterminer quel est celui de ces radicaux qui possède la plus grande aptitude migratrice.

Cette question a déjà été résolue, non seulement pour les radicaux cycliques comparés entre eux [c'est le plus substitué [3] qui émigre le mieux], mais aussi pour les radicaux acycliques envisagés par rapport aux radicaux cycliques, ces derniers émigrant toujours de préférence, aussi bien dans les transpositions pinacoliques [4] que dans les transpositions semi-pinacoliques [5].

Quant aux radicaux acycliques, ils ont été peu étudiés, et nous nous sommes proposé d'étudier comparativement un radical simple, le méthyle, opposé à deux radicaux assez différents, l'éthyle et le benzyle.

---

(1) Séance du 22 janvier 1923.

(2) Tiffeneau, Orékhoff, Mlle Lévy, *Bull. Soc. chim.*, t. 29, 1921, p. 782, 809, 821; t. 33, 1923, p. 26.

(3) M. Tiffeneau, *Ann. Chim. phys.*, 8e série, t. 10, p. 360.

(4) Thörner et Zincke, *D. chem. Ges.*, t. 10, p. 1473; M. Tiffeneau, *Rev. gén. Sciences*, t. 18, 1907, p. 589.

(5) M. Tiffeneau (*Iodhydrines*), M. Tiffeneau et Orékhoff (*Alcoylhydrobenzoïnes*), *Bull. Soc. chim.*, t. 29, 1921, p. 784.

I. *Aptitude migratrice de l'éthyle plus grande que celle du méthyle :*

A. *Série pinacolique.* — Dans cette série, la question a déjà été résolue par Meerwein ([1]) qui, dans l'action de SO^4H^2 concentré sur le diphénylméthyléthylglycol

$$(C^6H^5)^2 = COH - COH(CH^3)C^2H^5,$$

a obtenu, par migration de l'éthyle, la diphényléthyl-1.1.1-acétone

$$C^2H^5(C^6H^5)^2 - C - CO - CH^3.$$

Dans un cas analogue, celui du diméthyldiéthylglycol

$$C^2H^5(CH^3)COHCOH(CH^3)C^2H^5,$$

B. Nyberg ([2]) a obtenu, par migration de l'éthyle, la méthyldiéthyl-1.1.1-acétone

$$CH^3(C^2H^5)^2 - C - CO - CH^3,$$

mais il se forme, par migration du méthyle, une petite quantité de la cétone isomère. La prédominance migratrice de l'éthyle est donc réelle, mais elle n'est pas toujours exclusive.

B. *Série semipinacolique.* — L'étude que nous avons entreprise soit seuls, soit en collaboration avec M. Bassin, a porté sur trois dérivés susceptibles de transformations semipinacoliques. Dans les trois cas, il y a eu migration exclusive de l'éthyle.

a. Glycol. — Le phénylméthyléthylglycol (F. 85°) a été obtenu en faisant agir le bromure de magnésium-éthyle sur l'acétyl-phénylcarbinol

$$C^6H^5 - CHOH - CO - CH^3.$$

L'acide sulfurique concentré le transforme en phényléthylacétone (semicarbazone, F. 189°) : il y a transposition semipinacolique avec migration du groupe éthyle :

$$C^6H^5 - CHOH - COH\left\langle\begin{matrix}C^2H^5\\CH^3\end{matrix}\right. \rightarrow C^6H^5 - \underset{|}{CH} - \underset{\underset{O}{|}}{C}\left\langle\begin{matrix}C^2H^5\\CH^3\end{matrix}\right. \rightarrow \left.\begin{matrix}C^6H^5\\C^2H^5\end{matrix}\right\rangle CH - CO - CH^3.$$

b. Iodhydrine. — L'iodhydrine du glycol précédent, obtenue par fixation de l'acide hypoiodeux sur le méthyléthylstyrolène $C^6H^5 - CH = C(C^2H^5)CH^3$, traitée par le nitrate d'argent, perd HI et se transforme en phényléthylacétone. Cette transposition peut se produire également par la simple action de la potasse sèche sur l'iodhydrine. Il y a alors formation de phényléthylacétone et d'oxyde de méthyléthylstyrolène.

c. Oxyde d'éthylène. — L'oxyde de méthyléthylstyrolène, préparé comme il vient

---

([1]) H. Meerwein, *Liebig's Annalen*, t. 419, 1919, p. 156.

([2]) B. Nyberg, *D. Chem. Ges.*, t. 55, 1922, p. 1960.

d'être dit, est transformé par l'acide sulfurique concentré en phényléthylacétone, suivant une réaction déjà signalée par l'un de nous (1).

II. *Aptitude migratrice du benzyle plus grande que celle du méthyle.* — On sait que le radical benzyle est susceptible d'émigrer (Orékhoff) et même d'émigrer de préférence à une chaîne hydrocyclique (2). Mais ce radical n'a pas encore été opposé à un méthyle, sauf en série rétropinacolique (3).

A. *Série pinacolique.* — Le diphényl-1.1-benzyl-2-propanediol

$$(C^6H^5)^2COH - COH - (CH^3)CH^2 - C^6H^5$$

a été obtenu par action du bromure de magnésiumphényle sur l'α-benzyllactate d'éthyle. Ce glycol (F. 81°-82°), traité par l'acide sulfurique concentré, fournit, par migration du benzyle, la triphényl-1.2.2-butanone-3,

$$C^6H^5 - CH^2 - (C^6H^5)^2 - C - CO - CH^3 \quad (F.\ 64°).$$

B. *Série semipinacolique.* — L'iodhydrine du phénylbenzylpropanediol

$$C^6H^5 - CHI - COH(CH^3) - CH^2 - C^6H^5$$

a été obtenue par fixation de l'acide hypoiodeux sur le benzylméthylstyrolène; traitée par le nitrate d'argent, elle perd HI et fournit, par migration du benzyle, la phénylbenzylacétone (semicarbazone F. 143°-144°)

$$C^6H^5 - CH - C(CH^3)CH^2 - C^6H^5 \longrightarrow C^6H^5 - CH^2 - CH(C^6H^5) - CO - CH^3$$

(dans le premier membre, CH et C sont reliés par O ; une flèche indique la migration du groupe $CH^2 - C^6H^5$ vers CH)

Conclusion. — Dans les transpositions pinacoliques et semipinacoliques, les radicaux éthyle et benzyle présentent des aptitudes migratrices beaucoup plus marquées que le radical méthyle, et, le plus souvent, la migration de ces radicaux est exclusive. Il n'est pas encore possible de préciser quelles en sont les causes. Nous ferons remarquer, toutefois, que la notion de « capacité affinitaire » de ces radicaux ne semble pas intervenir dans l'explication de ces faits, puisque de deux radicaux qui possèdent les plus fortes capacités affinitaires, le phényle et le méthyle, l'un est celui qui émigre toujours de préférence (phényle), tandis que l'autre (méthyle) possède des aptitudes migratrices inférieures à celles des radicaux éthyle et benzyle dont la capacité affinitaire est très faible.

---

(1) Mlle J. Lévy, *Bull. Soc. chim.*, t. 29, 1921, p. 828.

(2) Tiffeneau, *Bull. Soc. chim.*, t. 31, p. 324.

(3) Mlle Apolit, *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1493.

GÉOLOGIE. — *L'envahissement de la mer sur la côte de Berck et les enseignements de la géologie récente.* Note (¹) de M. A. **Briquet**, présentée par M. Barrois.

Les dégâts causés par les tempêtes sur la rive nord de la baie d'Authie au voisinage de Berck deviennent chaque hiver plus alarmants. Le phare du Haut-Banc, l'hôpital de la Ville de Paris sont gravement menacés, et, après eux et dans un temps plus éloigné mais fatal, la station balnéaire elle-même.

La cause de ces dégâts est dans l'action qu'exercent sur le rivage, entièrement formé de dunes de sable, les courants de flot et de jusant, sous l'action des vents dominants du Sud-Ouest. Les vagues du flot, à l'entrée de la baie, déferlent sur la pointe du Haut-Banc comme sur un musoir; au jusant, le chenal par lequel sont évacuées les eaux de la baie est sans cesse repoussé au Nord contre les dunes (²).

Contre ces facteurs de destruction on lutte en ce moment par des moyens (construction de digues et d'épis) qu'on peut appeler des moyens de fortune : ils retardent le désastre, sans en faire disparaître la cause.

La seule solution pleinement efficace serait la suppression de la baie d'Authie par son colmatage total.

C'est à quoi d'ailleurs tend la nature : depuis l'époque, reculée de plusieurs milliers d'années, où la mer occupe le même niveau, l'estuaire s'est réduit aux dimensions qu'on lui connaît, après s'être étendu dans la vallée de l'Authie jusqu'au delà de Nampont, soit à 12^{km} au moins du rivage actuel de la pleine mer, et à 8^{km} de l'extrémité de l'estuaire actuel au Pas d'Authie.

Mais le colmatage naturel progresse avec lenteur : il est ralenti par la présence de l'Authie, dont les eaux, en s'écoulant à marée basse à travers la baie, contribuent pour une bonne part à entretenir le chenal, cause des dégâts.

L'envasement de la baie serait bien plus rapide si les choses étaient modifiées.

De cela la preuve a été donnée sur les lieux mêmes. Un estuaire qui

---

(¹) Séance du 22 janvier 1923.

(²) *Rapport de la Commission de défense de l'hôpital de Berck-sur-Mer contre l'envahissement de la mer.* Paris, 1888.

existait autrefois au nord de celui de l'Authie, et au bord duquel s'est fondé le bourg de pêche de Berck, a disparu après que, en 1731, on eut détourné vers l'Authie la petite rivière, l'Arche, qui s'y écoulait. Encore figuré sur un plan de 1741, l'estuaire est bien réduit en 1758 sur la carte de Cassini, et il n'existe plus sur la première édition de la carte de l'État-Major en 1830.

On connaît dans la région des exemples analogues. L'estuaire de la Somme s'étendait encore jusqu'à Abbeville lors des levés de la carte de l'État-Major; depuis que les eaux de la Somme ont été reportées dans le canal, achevé en 1835, qui débouche à Saint-Valery, il s'est raccourci au point de ne s'étendre guère aujourd'hui plus loin que cette dernière ville. De même l'estuaire de l'Aa s'est comblé après qu'eut été creusé, en 1742, le chenal de Fort-Philippe.

L'Authie détournée de son estuaire actuel devrait être conduite à la baie de Somme : chose assez aisée, étant donné les conditions topographiques. Le lit nouveau serait ouvert dans la plaine alluviale des Bas-Champs, qui s'étend à l'altitude uniforme de 5^{m} au-dessus du niveau moyen de la mer : plaine déjà traversée par de nombreux canaux de desséchement, ou nocs, et encore occupée en partie par des étangs (étang du Gard) qu'on pourrait utiliser. L'Authie serait déversée à Rue dans le lit artificiel de la Maye, et les eaux réunies des deux rivières déboucheraient dans le port du Crotoy.

D'où autre avantage : l'amélioration, par l'apport des eaux de l'Authie, d'un des chenaux de la baie de Somme, le chenal du Nord ou du Crotoy, le seul que, pour la raison énoncée à propos de la baie d'Authie, on ait chance de maintenir avec succès à l'état navigable [1]. L'amélioration pourrait même être complétée par le prolongement jusqu'au Crotoy, à travers les mollières de la baie, du canal de Saint-Valery qui amènerait les eaux de la Somme dans le même chenal.

Telles sont, en ce qui concerne la baie d'Authie, les déductions qu'il est possible de tirer de l'examen des faits géologiques récents. C'est à la science de l'ingénieur qu'il appartient de décider si un tel programme est réalisable, et si le comblement de la baie peut être obtenu dans le temps pendant lequel les moyens, actuellement mis en œuvre, suffiront à la sauvegarde des lieux menacés.

---

(1) A. DEMANGEON, *La Picardie et les régions voisines*, p. 181; Paris, 1905.

GÉOLOGIE. — *Mesures de température dans un sondage de 1700^m de profondeur près de Molières (Gard).* Note de M. F. Raspal, présentée par M. Pierre Termier.

Le sondage, entrepris par la Compagnie houillère de Bessèges, est situé dans la commune de Molières-sur-Cèze (Gard), à 30^m du chemin d'intérêt commun n° 31 de Molières aux Brousses, sur la rive droite du ruisseau de Sanguinet et au voisinage du point où ce ruisseau reçoit les eaux du ruisseau de Lajas. On l'a nommé sondage de Sanguinet.

Attaqué le 23 juillet 1920, au sommet du Trias (cote + 173,27), il a traversé 361^m de ce terrain, puis est entré dans le Houiller, où il est resté jusqu'à 1700^m,40 (cote — 1527,13), profondeur qu'il a atteinte le 23 septembre 1922, date à laquelle on l'a arrêté. Les procédés de forage employés ont été les suivants :

	m
Forage au trépan	217,40
» à la grenaille	1346,05
» au diamant	156,95
Total	1700^m,40

Température à diverses profondeurs dans le terrain houiller. — Nous avons mesuré la température au moyen d'un thermomètre à mercure à maxima, sans index, à canal étranglé, gradué de — 10 à + 160.

Ce thermomètre était enfermé dans un étui en cuivre, de petit diamètre, lesté dans le bas par une masse de plomb en forme d'olive, et fermé dans le haut au moyen d'un bouchon à vis muni d'un anneau.

L'étui contenant le thermomètre (poids de l'ensemble 1^{kg},350) était descendu dans le trou, suspendu à l'extrémité d'un fil de cuivre de 2^{mm},2 de diamètre portant des marques bien apparentes, soudées respectivement à 10^m, 132^m, 300^m, 600^m, 900^m, 1200^m, etc.

Au moyen d'un petit treuil à manivelles sur lequel était enroulé le fil de cuivre, nous avons pu facilement descendre le thermomètre aux diverses profondeurs arrêtées à l'avance, et l'y laisser séjourner de 30 à 45 minutes pour lui permettre de prendre la température du milieu.

Jusqu'à 1200^m l'opération n'a pas présenté de difficultés, mais au voisinage de 1300^m et au-dessous, l'étui ayant été souvent arrêté à des profondeurs qu'il ne nous a pas été possible de déterminer exactement, nous avons abandonné nos essais. Ils ont été repris le 21 septembre 1922. A partir de cette date, l'étui, débarrassé de sa masse de plomb, enfermé et calé dans un bout de tube de 37^{mm} de diamètre intérieur vissé à l'extrémité

du premier tronçon de tige, a été envoyé au fond au moyen des tiges du sondage. Ce jour-là, après un séjour de 1 heure à 1693^m, les tiges ont été remontées; le thermomètre arrivé au jour $4^h,30$ après son départ du fond, marquait 74°. Surpris par la faiblesse de ce chiffre, nous avons décidé de profiter d'un arrêt du dimanche pour laisser le thermomètre 24 heures au fond. Cette dernière expérience a été faite du 23 au 25 septembre 1922. Après 24 heures passées à $1673^m,80$, le thermomètre, remonté au jour, marquait 82°,5.

Nous résumons ci-dessous les divers résultats obtenus :

	Profondeur en mètres (*a*).	Température en degrés centigrades (*b*).	Diamètre du trépan ou de la couronne.	Venue d'eau en m^3 par 24 heures aux profondeurs indiquées colonne (*a*).
Dans la tour au voisinage du trou (cote +173,27)....	»	28°	»	»
Dans le trou à............	10^m	18°	375^{mm}	»
» à............	35	»	»	23^{m^3}
» de............	110 à 132	»	»	840
» à............	132	19,5	243	»
» à............	300	26°-26°	210	500
» à............	600	41°-42°	154	512
» à............	900	53°-52°,5	154	après tubage jusqu'à 608^m : 117
» à............	1200	68°	132	après tubage jusqu'à 959^m : 110
» à............	1673,80	82°,5	90	après rupture du tubage et nouveau raccord : 216
Au fond du trou (cote —1527,13)............	1700,40	non mesurée	id.	

En septembre 1922, vers la fin du forage et après les pluies de fin août, la venue d'eau a oscillé entre 241^{m^3} et 216^{m^3}.

Partant des profondeurs et températures des colonnes (*a*) et (*b*), nous obtenons comme *degré géothermique :*

$$\text{Entre } 300^m \text{ et } 600^m \ldots\ldots \quad \frac{300}{42^\circ - 26^\circ} = \frac{300}{16^\circ} = 18^m,70$$

$$\text{» } 600 \text{ et } 900 \ldots\ldots \quad \frac{300}{52^\circ,5 - 42^\circ} = \frac{300}{10^\circ,5} = 28,50$$

$$\text{» } 900 \text{ et } 1200 \ldots\ldots \quad \frac{300}{68^\circ - 52^\circ,5} = \frac{300}{15^\circ,5} = 19,30$$

$$\text{» } 1200 \text{ et } 1673,80 \ldots\ldots \quad \frac{473,80}{82^\circ,5 - 68^\circ} = \frac{473,80}{14^\circ,5} = 32,60$$

$$\text{» } 1673,80 \text{ et } 300 \ldots\ldots \quad \frac{1373,80}{82^\circ,5 - 26^\circ} = \frac{1373,80}{56^\circ,5} = 24,30$$

GÉOLOGIE. — *Sur l'existence du Silurien supérieur et du Dévonien inférieur en Transcaucasie méridionale.* Note de M. **Pierre Bonnet**, présentée par M. Émile Haug.

Les termes les plus anciens de la série stratigraphique jusqu'ici connus dans le Sud de la Transcaucasie appartiennent au Dévonien moyen et supérieur; Abich les signala d'abord, Frech en donna ensuite une description plus détaillée.

Au cours de mes explorations, j'ai relevé un certain nombre de coupes qui, de façon générale, confirment et complètent celles de mes prédécesseurs en ce qui concerne ces deux groupes; mais en outre j'ai pu observer en plusieurs endroits leur soubassement, formé d'une importante série continue et concordante avec le Dévonien moyen. Cette série comprend d'abord des schistes noirs légèrement micacés, puis des quartzites et des grès schisteux souvent très micacés passant insensiblement au Dévonien moyen; ce dernier présente, dans sa partie inférieure, quelques récurrences de bancs gréseux micacés semblables. L'ensemble est très pauvre en fossiles, et ce n'est qu'en quelques rares points que j'ai pu y recueillir les indications paléontologiques suivantes.

1. J'ai constaté d'abord, dans l'arc méridional de Zinjirlou (W du Daralagœz), que certains bancs des grès schisteux présentaient des empreintes et des restes organiques très analogues à ceux figurés par Mac Coy sous le nom de *Chondrites* du Silurien supérieur du Cumberland.

2. J'ai recueilli, dans les quartzites micacés qui offrent quelques affleurements réduits dans l'arc plus septentrional, sur la crête de Karakhatch (NW du Daralagœz), un fragment du tronc de *Knorria acicularis* Göpp.

3. Enfin, dans le centre du Daralagœz, j'ai pu, en un seul point, découvrir, dans les schistes noirs de la base, une faune de petite taille, composée surtout de Lamellibranches, et comprenant notamment : *Modiolopsis complanata* Sow., *Orthonota solenoides* Sow., *O. rigida* Sow., *Pterinea retroflexa* Wahl., *Pt. retroflexa* var., *Ctenodonta edmondiiformis* M'Coy, *Cucullella lievinensis* Ler., *Pycnomphalus helicites?* Sow., *Orthoceras gregarium* Sow. Cette association de formes se rencontre dans les schistes du Dévonien inférieur et du Silurien supérieur de l'Europe occidentale et centrale.

Ces schistes noirs peuvent donc, en raison de leur faune, être assimilés aux « passage beds » siluro-dévoniens. La prédominance de *Modiolopsis*

complanata et l'absence de tout élément nettement dévonien les rapprocheraient plutôt des couches du Ludlow supérieur du Shropshire et pourraient militer en faveur de leur attribution au Gothlandien supérieur.

Quant aux quartzites et aux grès schisteux, ils devront, surtout en raison de leur situation stratigraphique en concordance entre ces schistes à Lamellibranches et le Dévonien moyen, être placés dans le Dévonien inférieur.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur la présence de l'*Elephas planifrons *Falconer, dans le Crag rouge (Pliocène supérieur d'Angleterre).* Note (¹) de M. G. **Pontier**, transmise par M. Charles Depéret.

Dans les *Comptes rendus* du 2 août 1920, le Dr Mayet signalait la découverte récente dans les sables villafranchiens de Chagny-Bellecroix (Saône-et-Loire) d'un squelette d'*Elephas planifrons*, espèce décrite dans le Pliocène des Siwaliks Hills de l'Inde par Falconer et signalée au cours des dernières années, en Bessarabie (Mme Pavlow) et en Autriche (Schlesinger).

Poursuivant depuis longtemps des recherches sur les Éléphants des côtes anglaises du Norfolk et du Suffolk, j'ai fait porter mes investigations plus spécialement sur le Crag rouge, assise qui se place tout à fait au début du Pliocène supérieur et correspond à la base du Villafranchien continental. Une molaire recueillie en 1922, dans cette formation, au nord de Felixtow, appartient à *E. planifrons*.

Le Crag rouge (Etage Amstelien de M. Harmer) est formé par une assise de sables quartzeux et ferrugineux, épaisse de 8m à 12m et à stratification souvent inclinées. Il débute par une couche à nodules avec fossiles anciens remaniés. Le Crag rouge n'a jamais été vu en contact avec l'assise suivante, le Crag de Norwich (*Mammaliferous Crag* des auteurs anglais).

La faune du Crag rouge est de type ancien et offre l'association des Mastodontes et des Eléphants. D'après Leith Adams, l'assise renfermerait plus de débris de Mastodontes que d'Eléphants.

Les Mastodontes sont représentés dans le Crag rouge par deux espèces : *Mastodon* (*Bunolophodon*) *arvernensis* Cr. et Job., *Mastodon* (*Zygolophodon*) *Borsoni* Hays. Les diagnoses sont moins certaines pour les Eléphants. Falconer identifia *E. meridionalis* et *E. antiquus* dans le Red crag et dans le Norwich crag. Il avait même remarqué qu'une molaire décou-

(¹) Séance du 22 janvier 1923.

verte près de Harwich, dans le Crag à Mammifères, offrait des lames courtes, dont la hauteur n'excédait pas la largeur d'un cordon d'émail sectionné à la partie médiane; des digitations épaisses et distinctes; à une distance assez considérable de l'apex, l'épaisseur des lames atteignait un pouce. Aussi Falconer écrivait-il (*Pal. Mem.*, 1868) : « Dans leur ensemble, les caractères de cette molaire approchent de très près de ceux offerts par la dent équivalente de l'*Elephas planifrons* des Siwaliks. » Mais la formule X — 12 — X et son niveau géologique font plutôt penser à une forme archaïque d'*E. meridionalis*. Leith Adams est d'avis que les spécimens référables à *E. meridionalis* n'offrent pas ici le type classique. Les lames de certaines dents du Red crag, d'ailleurs fragmentées, ont un émail très épais avec expansion centrale, un cordon libre de tout plissement : tel le fragment usé de couronne dentaire de Trimley près Felixtow (Musée de York) que dans un Ouvrage en cours d'impression et dont ils ont bien voulu me communiquer une épreuve, MM. Ch. Depéret et Mayet [1] ont attribué à *E. planifrons*.

Ce qui explique les divergences des auteurs, c'est la difficile recherche des fossiles le long de la côte anglaise. Les dents de Proboscidiens sont recueillies après les grandes tempêtes ou draguées au large. D'où mélange rendant la détermination délicate. Mais la minéralisation rend grandement service pour établir la véritable origine des pièces recueillies. La roche encaissante est, pour les fossiles du Crag rouge, très ferrugineuse. Il s'ensuit une coloration brun chocolat foncé avec un certain poli vitreux, variable suivant le degré de roulement au sein des eaux marines. Très souvent de gros grains de quartz adhèrent aux fossiles, généralement fragmentés et mal conservés.

Faisant exception, la pièce signalée ici est dans un état de conservation remarquable et tire de ce fait un intérêt exceptionnel.

Quand elle me fut remise, cette dent avait sa table recouverte de débris de la roche encaissante et une longue préparation a été nécessaire pour dégager l'émail des lames qui sont toutes parfaites. Elle est très lourde, silicifiée, absolument complète. C'est une arrière-molaire inférieure gauche présentant une surface d'usure moyenne et offrant les deux talons. On observe à la partie antérieure, la grosse racine en crochet qui, chez les Éléphants, donne appui au talon antérieur et à un nombre de lames variable

(1) *Monographie des Éléphants pliocènes de l'Europe et de l'Afrique du Nord* (*Annales de l'Université de Lyon*, 1923).

suivant les espèces. Cette particularité permet d'affirmer que la dent n'a pas subi de perte de lame par suite d'abrasion due à l'usage.

Le cément est abondamment développé. En avant, on remarque le champ d'ivoire du talon antérieur relié à la première lame. La première et la seconde lame, coupées près de leur insertion sur la base des racines sont coalescentes et rapprochées. Elles sont suivies de six lames dont l'émail est épais et irrégulier, sans festonnement marqué. Chaque lame offre un fort *sinus loxodonte* très développé à l'arrière, irrégulier et quelquefois visible sur la partie antérieure de la lame. A certains endroits, la bande d'émail atteint jusqu'à 6^{mm} d'épaisseur. Les lames très courtes sont très écartées et la distance séparant, par exemple, la sixième lame de la septième est de 17^{mm}. Cette molaire est d'un type brachyodonte des plus prononcés : la hauteur d'une lame non usagée n'atteint pas la largeur d'une lame coupée à la partie moyenne, ce qui est un bon caractère des dents d'*E. planifrons*.

Les dernières lames, coupées à la partie supérieure, sont représentées par des îlots d'émail très irréguliers comme dans le type des Siwaliks. La partie postérieure non usagée qui supporte le talon renferme deux lames.

Le nombre de lames est donc de dix, ce qui permet d'établir la formule suivante de $M_3 : x - 10 - x$.

Formule générale d'*E. planifrons* (Falconer) : $\frac{M^3}{M_3} = \frac{x - 10 - x}{x - (10 - 11) - x}$.

Fréquence laminaire : 4 pour 10^{cm} de longueur de couronne.

Rapport L/L : 2,33.

Comme comparaison, la pièce de Felixtow offre de nombreuses similitudes avec diverses molaires d'*E. planifrons* figurées par Falconer et Cautley dans *Fauna antiqua Sivalensis* (pl. XI, fig. 5 et 7; pl. XII, fig. 12 et 13; pl. XIV, fig. 8 et 9) : même disposition d'ensemble, même épaisseur des lames, mêmes caractères de l'émail, irrégularité typique du sinus loxodonte, etc.

La constatation certaine d'*Elephas planifrons* dans le Crag rouge du Suffolk permet de juger de la longue durée de ce rameau important de Proboscidiens qui, venu en Europe avec la migration d'*E. planifrons*, se continue par *E. meridionalis*, lequel présente une évolution particulièrement curieuse dans la région du Norfolk, où elle a atteint son dernier terme dans les couches quaternaires du Forest-Bed de Cromer.

OCÉANOGRAPHIE. — *Relation entre la profondeur de la ligne d'apparition des vases et la hauteur des vagues.* Note de M. **J. Thoulet.**

La masse des eaux océaniques est partagée en deux zones superposées : la zone supérieure d'épaisseur variable selon la localité, mais ne dépassant pas quelques centaines de mètres, est celle de l'agitation; la zone inférieure s'étendant jusqu'au sol sous-marin est celle du calme.

Dans la zone de mouvement, l'agitation décroît dans les eaux depuis la surface, en progression géométrique, c'est-à-dire avec une grande rapidité à mesure que l'on descend davantage. Le calcul a permis d'établir la loi de ce décroissement pour les vagues.

Si l'on classe les variétés de sédiments marins d'après les proportions pondérales de leurs diverses portions, dont chacune est composée de grains de même dimension, l'ordre de leur disposition sur le sol sous-marin montre qu'à chaque sorte de sédiments correspond un même degré d'agitation de l'eau ambiante et réciproquement.

En appelant *sable* tous les grains compris entre les dimensions correspondant à deux tamis calibrés (n°s 10-200) et *vase,* ce qui traverse le plus fin de ces tamis (200), les sédiments contenant au plus 10 pour 100 de sable et le reste de vase sont désignés sous le nom de *vases* proprement dites.

La ligne initiale des vases est celle où sur le fond, à partir du rivage, ces sédiments particuliers commencent à apparaître; elle forme dans l'Océan tout entier une ligne nettement déterminée, continue, quoique de profondeur variable, correspondant à une agitation toujours et partout la même, exactement capable de laisser la vase se déposer et subsister là où elle est présente. Elle est si parfaitement définie qu'elle peut servir de limite à une zone de terrain. Si en un de ses points la ligne des vases est profonde, on en conclut que, verticalement au-dessus, à la surface, l'agitation est plus grande qu'au-dessus d'un autre point moins profond de la même ligne. Au-dessus du premier elle est violente, mais vient de loin, tandis qu'au-dessus du point peu profond, elle est faible mais vient de près. Toutes deux atteignent le sol avec la même énergie.

Les calculs remarquablement concordants de Rankine et de Bertin, relatifs à la diminution en profondeur du diamètre de l'orbite des molécules liquides comprises entre la surface d'une vague et le fond, ont établi que, pour une vague de 3^m de hauteur, ce diamètre, à 10^m de profondeur, n'était

plus que de $1^{m},50$, de $0^{m},75$ à 20^{m} et de $0^{m},09$ à 50^{m}. Admettons, ainsi que l'indique l'analyse mécanique et la situation des sédiments, que cette agitation soit celle qui correspond au dépôt des premières vases, il en résultera que le rapport entre la hauteur de la vague et la profondeur de la vase, pour toute vague et pour toute ligne de vases, sera $\frac{3}{50} = 0,06$.

Il suffira donc, lorsqu'on aura reconnu par une simple récolte de sédiments suivie d'un tamisage que l'on tient un point de la ligne des vases, d'en mesurer la profondeur, de multiplier ce nombre en mètres par le nombre constant $0^{m},06$ pour obtenir la hauteur maximum des vagues passant au-dessus de ce point.

Cette valeur est un maximum. En effet, une vague plus haute déplacerait la vase dont la situation est stable, et une vague moins haute serait incapable de troubler la situation donnée par la vague maximum.

Si l'on croyait pouvoir obtenir plus de précision, rien n'empêcherait de faire une fois pour toutes un essai au trace-vague, par exemple, et de modifier en conséquence le coefficient constant.

Les mesures qui m'ont conduit à ces conclusions ont été prises pendant les trois années que j'ai consacrées au levé des cinq feuilles bathylithologiques du golfe du Lion, entre les Saintes-Maries et le cap de Creus, et après avoir tracé entre ces points le profil en long de la ligne des vases. Dans cette région, la hauteur des vagues a varié, selon la localité, de $0^{m},50$ (minimum) devant les Saintes-Maries à $5^{m},2$ (maximum) au cap Béar. Marsigli avait noté $4^{m},5$ dans le golfe du Lion et Smyth 9^{m} dans le golfe de Gênes.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la notion de phase dans l'étude de la perturbation ondulatoire de pression.* Note[1] de MM. **Ph. Wehrlé** et **R. Cordebas**, présentée par M. R. Bourgeois.

I. *Introduction.* — Si l'on considère des cartes isobariques successives, entre des limites de temps convenablement choisies, on constate que dans certaines régions la pression varie peu; ce sont « les centres d'action » (Teisserenc de Bort). Dans les zones intermédiaires par contre la pression est en remaniement incessant. Bref il existe une topographie isobarique relativement fixe, un « champ » des pressions constitué par des centres

[1] Séance du 8 janvier 1923.

d'action positifs ou négatifs ([1]) et par de larges « lits » où se propage une perturbation ondulatoire de la pression ([2]). Sur les cartes d'isobares, cette perturbation superposée au champ apparaît déformée.

De temps à autre, le « type de temps » (Teisserenc de Bort) change, c'est-à-dire que les centres d'action se déplacent et se déforment et que de nouveaux lits de perturbations s'établissent. Mais ces crises sont courtes par rapport à la durée d'un « régime » ([3]) bien défini de la perturbation. *Tout ce que nous allons dire ne s'applique qu'à l'intérieur d'un régime bien établi, abstraction faite des crises de transition d'un régime à l'autre.*

Pratiquement on isole du champ la perturbation ondulatoire de pression en dressant des cartes de variations de pression. Les courbes d'égales variations dessinent des noyaux centrés sur l'axe du lit. Au cours d'un même régime ces noyaux, alternativement de baisse et de hausse, forment une chaîne continue que nous appellerons pour abréger *onde de variation*. On peut imaginer un autre moyen d'élimination du champ : en chaque point retrancher de la pression totale la pression du champ. La chaîne des noyaux formés par les pressions résiduelles serait l'*onde de pression*. Sa construction est impossible, la pression du champ n'étant pas connue pratiquement. Mais l'onde de pression apparaît suffisamment sur les cartes d'isobares malgré la superposition du champ, ses noyaux positifs ou négatifs correspondant aux prolongements mobiles anticycloniques ou dépressionnaires dont nous avons parlé. En outre, elle peut être considérée comme le lien entre les différentes ondes de variation.

La vitesse et la « période » ([4]) des ondes de variation ne dépendent pas de l'intervalle de variation employé: ce sont la vitesse et la période de l'onde de pression. Par contre les ondes de variation présentent entre elles des « différences de phase », le retard étant d'autant plus grand que l'intervalle employé est lui-même plus grand, c'est-à-dire que des noyaux de variations correspondants sont décalés dans l'espace d'avant en arrière dans l'ordre des intervalles croissants.

Dans cette Note nous nous proposons de mettre en évidence les différences de phase que présentent, en *régime établi :* 1° les ondes de varia-

---

([1]) Cf. Ph. Schereschewsky et Ph. Wehrlé, *Sur le mouvement des noyaux de variations de pressions* (*Comptes rendus*, t. 174, 1921, p. 1001).

([2]) Zone du front polaire de V. Bjerkness.

([3]) Cf. Ph. Wehrlé, *Sur la notion de période dans l'étude des noyaux de variations de pressions* (*Comptes rendus*, t. 174, 1921, p. 324).

([4]) *Loc. cit.*

tion entre elles suivant l'intervalle de variation; 2° les ondes de variation par rapport à l'onde de pression (relief isobarique).

II. *Différence de phase des ondes de variation entre elles.* — Considérons l'onde de pression et les ondes de variation engendrées par son déplacement.

La variation instantanée de pression est nulle sur les crêtes et les thalwegs de l'onde de pression et maxima sur les changements de pente intermédiaires. Soit Δ un intervalle de variation. Pour qu'il donne une variation nulle (maxima) il doit être à « cheval » sur la ligne de variation instantanée nulle (maxima). Le retard de la ligne de variation nulle (maxima) dans l'intervalle Δ par rapport à la ligne de variation instantanée nulle (maxima) est par conséquent $\frac{\Delta}{2}$.

La loi générale de décalage est donc la suivante : *Δ' étant plus grand que Δ, le retard de l'onde de variation dans l'intervalle Δ' par rapport à l'onde de variation dans l'intervalle Δ est* $\frac{\Delta'-\Delta}{2}$. On voit que *cette différence de phase est indépendante de la période.* Par exemple le retard du noyau des variations en 24 heures sur le noyau des « tendances » correspondant est $\frac{24^{h}-3^{h}}{2}=10^{h}30^{m}$, d'où l'on peut déduire la règle de substitution suivante : *Les domaines de variations de pression en 24 heures se substituent* 12 *heures* [1] *après aux domaines de tendances de même signe.* Cette règle a une valeur pratique et s'était imposée empiriquement à nous avant que nous en ayons trouvé l'explication.

Toute règle définissant les positions relatives de certains noyaux de variations, notamment celle de MM. Delcambre et Schereschewsky, peut être déduite de la loi de décalage.

III. *Différences de phase entre les ondes de variation et l'onde de pression.* — Il suffit de trouver la différence de phase entre une onde de variation quelconque et l'onde de pression. Or nous avons déjà remarqué que l'onde de variation instantanée était en quadrature (par avance) sur l'onde de pression. La loi générale de décalage est donc la suivante; T *étant la période le retard de phase de l'onde de variation dans l'intervalle Δ par rapport à l'onde de pression est égal à* $\frac{\Delta}{2}-\frac{T}{4}$.

Ce décalage dépend de la période et la loi comporte un cas particulier important, celui où l'intervalle considéré est égal à la demi-période. Le

---

[1] Nous arrondissons à 12 heures, ce laps de temps étant égal à la moyenne de ceux qui séparent les deux grandes observations internationales de 7 à 18 heures.

décalage est alors nul, c'est-à-dire que *l'onde de variation dans l'intervalle égal à la demi-période est en phase avec l'onde de pression*, ou en langage ordinaire : *les croupes et les vallées mobiles de la topographie isobarique coïncident respectivement avec les noyaux de hausse et de baisse dans l'intervalle égal à la demi-période*.

Cet intervalle égal à la demi-période joue un rôle privilégié. En effet, alors que pour les autres intervalles l'approximation de la loi est limitée par les irrégularités d'amplitude de l'onde de pression [1], on voit facilement que *pour l'intervalle privilégié de la demi-période la loi est toujours exacte*.

IV. *Conclusion*. — La notion de différence de phase entre les noyaux de variations d'une part et les croupes et les vallées isobariques d'autre part, permet de rattacher la propagation des « lignes de discontinuité » étudiées par l'école de M. V. Bjerkness, à celle des noyaux de variations de pression, d'où le principe d'une synthèse des méthodes de prévision Française et Norvégienne.

Cette notion peut fournir aussi une interprétation intéressante des règles de M. Guilbert relatives à « l'attraction » des baisses par les zones de divergence et des hausses par les zones de convergence.

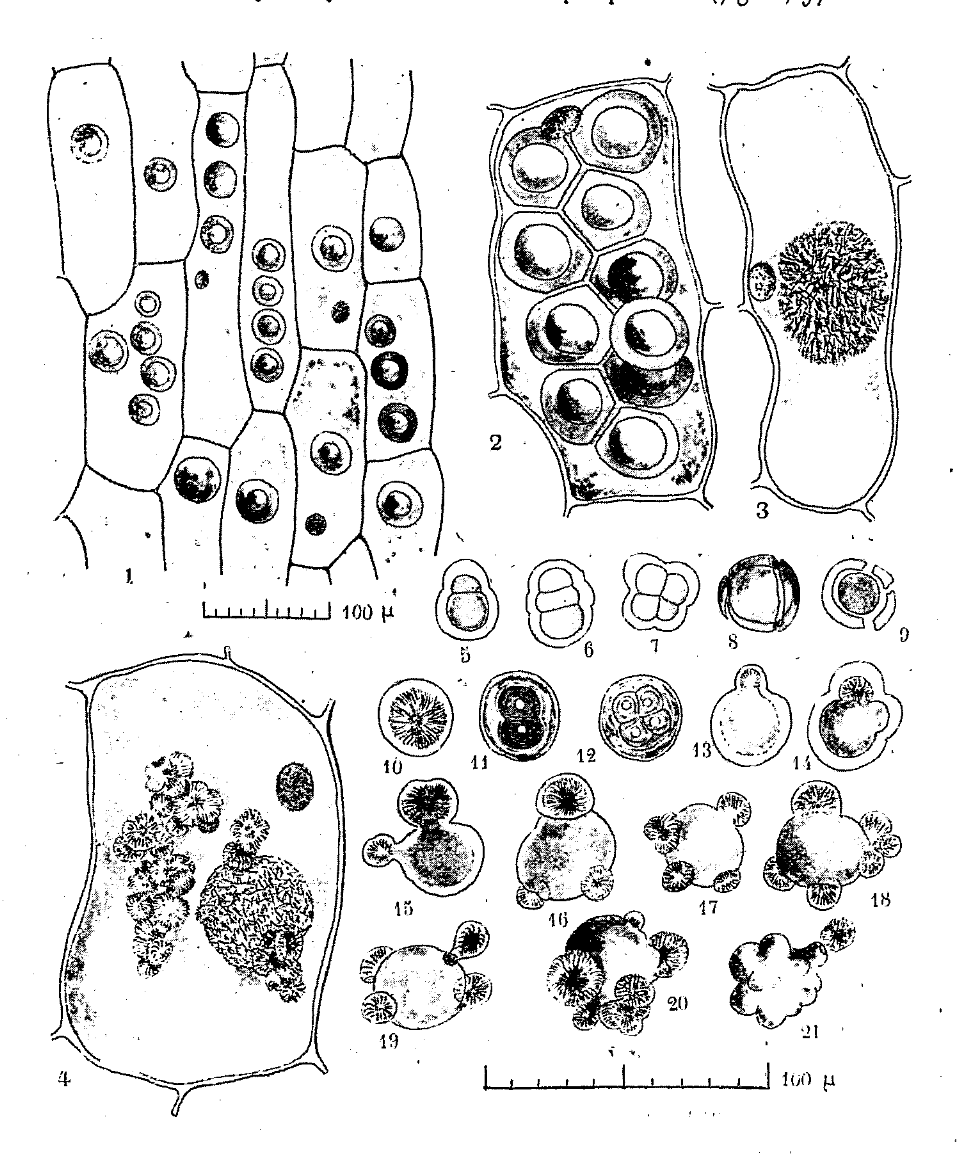
BOTANIQUE. — *Sur des organites élaborateurs particuliers (stérinoplastes) de l'épiderme des écailles de bulbes de Lis blanc*. Note de M. **Marcel Mirande**, présentée par M. Guignard.

L'épiderme des écailles bulbaires du Lis blanc présente une particularité qui semble avoir passé inaperçue jusqu'à ce jour et constituer, dans les végétaux, un fait encore inobservé.

La plupart des cellules de cet épiderme contiennent de volumineuses sphères réfringentes, dépassant souvent 30$^{\mu}$ de diamètre, qu'une légère dilacération des tissus peut extraire de la cellule. Le plus souvent il n'y a qu'une sphère par cellule, mais il n'est pas rare d'en trouver plusieurs (*fig.* 1), et la figure 2 ci-après montre le cas exceptionnel d'une cellule remplie par dix de ces organites qui, par pression réciproque, ont dû prendre une forme polyédrique. Chaque sphère présente un corps central réfringent entouré par un manteau plus ou moins épais et de réfringence moindre; ce corps cental est globulaire quand il est tout d'une pièce, mais assez fré-

(1) Au cours d'un régime, l'amplitude de l'onde est beaucoup plus variable que sa période.

quemment il présente deux, trois ou quatre lobes de tailles et de dispositions diverses *fig.* 5, 6, 7). On peut trouver des sphères dont le corps central se détache accidentelement du manteau ou provoquer ce détachement par pression (*fig.* 8, 9).



Sous des influences encore peu précisées, dans des bulbes d'âges divers, en n'importe quelle saison et avec une répartition très inégale dans un bulbe et même dans une écaille donnés, on voit ces organites subir des transformations intéressantes : le corps central se transforme en un sphéro-cristal de fines aiguilles s'il est globulaire, ou en plusieurs radiocristaux aiguillés s'il est lobé. Les masses cristallines restent un

certain temps entourées d'un résidu de manteau plus ou moins large (*fig.* 10), ensuite elles sont libres dans la cellule.

Mais un autre phénomène plus remarquable se produit : l'organite, avant de cristalliser lui-même, et même, semble-t-il, sans jamais cristalliser, est un appareil élaborateur de cristaux de tailles diverses, qui finissent par se disséminer dans toute la cellule. La sphère opère, sur sa périphérie, aux dépens de sa masse centrale, un bourgeonnement multiple dont chaque bourgeon donne naissance à un radiocristal. Souvent les radiocristaux sont déjà formés et entourés encore du manteau avant de se détacher du globule. En un mot, la sphère expulse hors d'elle-même de véritables *calculs*. On peut en voir jusqu'à 10, 12 et davantage, à tous les stades, entourant leur organite formateur (*fig.* 13 à *fig.* 21).

Réactions colorées. — Ces organites se colorent sous l'action des colorants dits *vitaux* (bleu crésyl, rouge neutre, etc.), rapidement et avec intensité; sous l'action du rouge de ruthénium; action faible ou nulle des colorants, acides en général; les colorants basiques ont une action moyenne, sauf la fuchsine qui colore avec intensité et le vert de méthyle qui colore en beau bleu. La masse centrale est toujours plus colorée avec plus d'intensité que le manteau.

Action de l'eau. — Les sphéroïdes sont insolubles dans l'eau et n'y subissent, à froid, ni changement, ni déformation. Mais à l'ébullition ils se transforment, presque instantanément, et aux dépens de leur masse centrale, en grosses boules d'aspect grisâtre, complètement bourrées d'une poussière de fins cristaux. Si l'ébullition dure plusieurs minutes, l'amas cristallin devient très volumineux (*fig.* 3), ne reste plus sphérique et même arrive à occuper une grande place dans la cellule; la cristallisation se présente alors clairement sous la forme d'une masse compacte de cristaux en baguette.

Quant aux radiocristaux dont j'ai parlé ci-dessus, on devine qu'ils sont, eux aussi, insolubles dans l'eau bouillante comme dans l'eau froide.

Réactifs dissolvants. — Ces organites sont rapidement dissous par l'alcool ordinaire, par les alcools méthylique et amylique. Solubles également, mais plus lentement, dans l'acide acétique. Solubles dans l'éther, le chloroforme, l'acétone, les acides concentrés (sulfurique, chlorhydrique). Les cristaux se conduisent de même.

Action du nitrate d'argent ammoniacal. — En chauffant jusqu'à l'ébullition, les sphéroïdes réfringents se transforment en boules uniformes, finement granuleuses (probablement microcristallines) fortement colorées en rouge brun foncé. Les sphéroïdes sont devenus alors complètement insolubles dans l'alcool.

Nature des cristaux. — Les radiocristaux élaborés par ces organites, ainsi que les cristaux qui, par l'ébullition, se précipitent en leur sein, sont, comme je le montrerai ultérieurement, une *phytostérine* ou *cholestérine* végétale. Je donnerai volontiers le nom de *liliostérine* à cette *stérine* du Lis blanc.

Nature des organites. — L'action des dissolvants ci-dessus, surtout, montre qu'ils sont en grande partie de nature *lipoïde*. Comme tels, ils jouissent de la propriété d'être insolubilisés par certains sels de métaux lourds : réaction à l'argent ci-dessus, action du fixateur mitochondrial de Regaud (formol et bichromate de potasse). L'action du formol seul produit une sorte de coagulation qui met en lumière des détails de

structure (*fig.* 11 et 12). Lentement osmio-réducteurs, l'acide osmique les fixe et les insolubilise.

J'ajouterai que le manteau de ces organites, auxquels on peut donner le nom de *stérinoplastes*, est en partie formée de matière protéique. Ces organites sont élaborateurs au sens propre du mot : sans diminuer de volume, par suite, au moyen d'apports extérieurs, ils produisent un volume de *calculs* bien supérieur au leur propre ; et ensuite, à l'ébullition, ils fournissent encore une masse cristalline aussi volumineuse que celle fournie, par le même moyen, par des organites à l'état de repos (*fig.* 4).

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Nouvelles recherches sur le venin des Fourmis.* Note de M. **Robert Stumper**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Continuant nos travaux [1] sur le venin des Fourmis nous nous sommes évertué à améliorer notre méthode d'investigation dans l'étude de l'acide formique sécrété par la seule sous-famille de *Camponotinés*. Nous avons tenu compte du polymorphisme des ouvrières de même espèce et nous n'avons plus noyé nos dosages dans une moyenne qui ne révèle point les liens qui existent entre la forme de l'ouvrière et la quantité d'acide produite. Rappelons brièvement que ce polymorphisme se présente habituellement d'une façon *continue*, allant des petites ouvrières aux grandes par une série de termes intermédiaires. Parfois les grandes ouvrières diffèrent énormément des petites; on les appelle alors les *soldats*. Dans nos dosages de l'acide formique, nous nous sommes contenté de diviser les ouvrières en 3 catégories suivant la taille : les petites (micro ☿ ☿), les moyennes (meso ☿ ☿) et les grandes (macro ☿ ☿ ou ♃ ♃). Le Tableau I réunit nos récentes observations à cet égard.

---

(1) Robert Stumper, *L'acide formique* (*Bull. Soc. Natur.*, Luxbg, 1921); *Le venin des fourmis* (*Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 66); *Nouvelles observations sur le venin des fourmis* (*Ibid.*, t. 174, 1922, p. 413; *Le venin des Fourmis* (*Annales des Sciences naturelles*, 1922); *Das Gift der Ameisen* (*Natur u. Technik*, Zurich, 1923).

TABLEAU I.

Espèce et provenance :	Quantité d'acide formique par individu.	Poids d'une fourmi.	Quantité d'acide formique par 100g de fourmis.
1. *Cataglyphis bicolor* (Tunisie).			
Micro ☿ ☿	0g,00016	0g,00851	1g,88
Meso ☿ ☿	0,00031	0,01556	1,92
Macro ☿ ☿	0,00063	0,02234	2,81
Moyennes	0,00037	0,0155	2,20
2. *Camponotus æthiops* (Italie).			
Micro ☿ ☿	0,000095	0,00815	1,10
Meso ☿ ☿	0,000132	0,0154	0,86
Macro ☿ ☿	0,000201	0,0235	0,86
Moyennes	0,000133	0,0156	0,91
3. *Camponotus maculatus* (Tunisie).			
Micro ☿ ☿	0,00025	0,0108	2,31
Meso ☿ ☿	0,00106	0,0349	3,04
Macro ☿ ☿ (♃ ♃)....	0,0029	0,0675	4,30
Moyennes	0,0014	0,038	3,30
Femelle ailée	0,002	0,107	1,88

L'inspection des résultats permet d'entrevoir certaines relations intéressantes, notamment la quantité relativement supérieure d'acide formique sécrétée par les grandes ouvrières ; néanmoins nous préférons encore attendre des recherches ultérieures avant d'avancer des conclusions plus générales.

Nous avons ensuite étendu nos recherches sur la nature exacte de l'acide sécrété par les fourmis au troisième genre *Camponotus* (*C. maculatus*) dont nous avons soumis un extrait aqueux à l'analyse distillatoire de Duclaux, révélatrice d'autres acides. On lira, dans le Tableau II, les résultats obtenus comparés à ceux valables pour l'acide formique pur.

TABLEAU II.

Camponotus maculatus.

Nombre de centimètres cubes distillés.	Nombre de Na OH $\frac{N}{10}$.	Acidité en pour 100 de l'acidité des 100 premiers centimètres cubes.	Valeurs pour l'acide formique pur.
cm³	cm³		
10	0,28	6,1	5,9
20	0,50	12,0	12,2
30	0,88	21,1	19,1
40	1,30	30,1	26,3
50	1,60	38,4	34,3
60	1,90	45,9	43,3
70	2,30	55	52,7
80	2,70	65	65,3
90	3,30	79,7	79,9
100	4,16	100	100

Les chiffres consignés dans les deux dernières colonnes concordent bien; les écarts entre nos valeurs expérimentales et celles de Duclaux sont négligeables, vu que les petites erreurs inévitables se trouvent exagérées par le fait que nous n'opérions que sur un total de $4^{cm^3},15$.

Nous sommes donc en droit de conclure que le venin du *Camponotus maculatus* ne renferme comme acide volatil libre que le seul acide formique, conclusion valable maintenant pour les trois genres : *Formica*, *Camponotus* et *Cataglyphis*.

MICROBIOLOGIE. — *Sur le métabolisme microbien de l'acide lactique et de l'acide pyruvique.* Note de M. E. **Aubel**, présentée par M. Charles Richet.

On admet généralement une relation étroite entre l'acide pyruvique et l'acide lactique. Chez les microbes, en particulier, Mazé a montré qu'il existe des bactéries capables de produire de l'acide pyruvique aux dépens de l'acide lactique; d'autre part, il nous a été possible d'obtenir l'acide lactique au cours de cultures faites sur acide pyruvique. Ces faits ont suggéré l'idée d'une interdépendance des deux acides. Cependant, la fermentation lactique et la fermentation pyruvique sont, peut-être, au contraire,

complètement distinctes et correspondent à deux modes de scission de la molécule d'hexose. Dans ce cas, la transformation de l'acide lactique en acide pyruvique peut trouver son explication dans la nécessité où est le microbe d'élaborer des matériaux constituant son protoplasma en partant de l'acide cétonique, et la transformation de l'acide pyruvique en acide lactique n'apparaît que comme un épiphénomène, l'acide lactique n'étant formé qu'en faible proportion.

C'est en poursuivant ces recherches que nous avons été amené à isoler des eaux de conduites de la Ville de Paris un microbe transformant en quantités notables le glucose *en acide pyruvique d'abord, puis en acide lactique*. Nous avons étudié successivement l'action du micro-organisme sur le glucose, le pyruvate de soude, et le lactate de chaux. Voici les résultats que nous avons obtenus :

1° *Cultures sur glucose.* – Le milieu de culture avait la composition suivante :

Glucose	30 g
NH^4Cl	5
PO^4KH	1
SO^4Mg	1
Eau, q. s. p.	1000

Après stérilisation, on ajoutait un lait de carbonate de chaux suivant la technique préconisée par Fernbach et Schoen. On ensemençait largement et par des prises journalières, on observait la marche de production des acides au moyen de la réaction de Simon d'une part, de la réaction de Hopkins, d'autre part :

Age.	Réaction de Simon.	Réaction de Hopkins.
2 jours	faible	o
3 »	+	o
4 »	++	o
5 »	++	o
6 »	+	faible
7 »	faible	+
10 »	o	++
15 »	o	++

Nous nous sommes assuré d'abord qu'il s'agissait bien d'acide pyruvique et d'acide lactique. L'acide pyruvique a été caractérisé par son

hydrazone (soluble dans les alcalis, d'où l'on peut la précipiter par acidification, point de fusion : 191°) et par l'analyse de son sel de soude (20,3 pour 100; calcul 20,9). L'acide lactique a été caractérisé par son sel de chaux (25,2 pour 100; théorie 25,5). En outre, dans les cultures anciennes, nous avons pu isoler en quantités importantes l'acide succinique (point de fusion : 180°, réaction du pyrrol positive, réaction au perchlorure de fer positive).

La courbe quantitative de production d'acide pyruvique a pu être suivie par des dosages journaliers (méthode colorimétrique basée sur la réaction de Simon et employée par Mazé) :

2 jours	?
3 »	0g,200 pour 1000
4 »	0g,700
5 »	0g,600
6 »	0g,300
7 »	?

Pour l'acide lactique, il nous a été impossible, faute de méthode appropriée, de faire la même opération.

2° *Cultures sur acide pyruvique.* — Dans le milieu décrit, nous avons remplacé le glucose par du pyruvate de soude (20g pour 1000). Lorsque la réaction de Simon avait totalement disparu, on traitait la culture suivant la technique décrite dans une Note précédente. Nous avons isolé l'acide acétique, un acide soluble dans l'éther et donnant la réaction de Hopkins, en trop faible quantité pour que nous puissions le déterminer (acide lactique? acide glycolique?). Enfin, un acide cristallisé fondant à 152° et dont nous poursuivons l'étude.

3° *Cultures sur acide lactique.* — Le microbe cultive en prenant soin d'ensemencer largement sur le milieu contenant 20 pour 1000 de lactate de chaux. Il consomme une partie de l'acide et le transforme en acide acétique (caractérisé par son sel de soude) et en acétaldéhyde caractérisée par la réaction de Lewin. Les acides fixes sont constitués en presque totalité par l'acide lactique introduit. Jamais, au cours des essais, nous n'avons pu mettre en évidence l'acide pyruvique.

Conclusions. — L'impression qui se dégage des résultats précédents est en faveur de l'hypothèse énoncée plus haut des deux fermentations distinctes. Quels sont les modes de dégradation du glucose qui conduisent aux deux acides étudiés? Il est impossible encore de le dire. Mais nous pouvons

émettre à ce sujet une hypothèse de travail. Le premier mode, producteur d'acide lactique, passerait par l'aldéhyde glycérique, ce qui confirmerait les idées d'Oppenheimer et le second mode producteur d'acide pyruvique passerait par le méthylglyoxal [1]

HYGIÈNE. — *Masque destiné à compléter, par des inhalations d'oxygène, les manœuvres de respiration artificielle.* Note de MM. **René Legendre** et **Maurice Nicloux**, présentée par M. J.-L. Breton.

Les asphyxies par arrêt respiratoire sont des accidents qui nécessitent toujours une intervention immédiate pour écarter le danger de la mort.

Quoique aucune statistique ne permette de juger de leur nombre et de la proportion de décès qui s'ensuivent, il semble bien qu'ils croissent avec les progrès de l'industrie. En effet, aux causes connues depuis longtemps (nous avons surtout en vue le mélange à l'air respirable des habitations des gaz toxiques provenant de fissures des cheminées, des fuites du gaz d'éclairage par la canalisation ou des robinets laissés imprudemment ouverts), viennent s'ajouter, avec une fréquence grandissante, les accidents industriels causés par les courants électriques et par les appareils producteurs d'oxyde de carbone (hauts fourneaux, cokeries, gazogènes, etc.).

Quelle que soit la cause de l'arrêt respiratoire, les soins à donner sont identiques dans tous les cas : manœuvres de respiration artificielle associées si possible aux inhalations d'oxygène. Cette dernière condition est capitale dans les cas d'intoxication par l'oxyde de carbone, pour cette raison simple, mais primordiale, que l'oxygène déplace l'oxyde de carbone de sa combinaison avec l'hémoglobine d'autant plus rapidement qu'il est plus pur.

Avant la guerre, l'un de nous, Nicloux, grâce à une méthode simple et précise de dosage de l'oxyde de carbone dans le sang [2], avait étudié l'équilibre physico-

---

(1) Nous pouvons déjà affirmer que le méthylglyoxal préparé selon la méthode de Dakin, n'est transformé que pour une part insignifiante par le *Bacillus coli* et le microbe étudié dans la présente Note en acide lactique. En outre, ces microbes ne renferment pas de méthylglyoxalase, fait à rapprocher de la constatation de Dakin qui n'a pas pu obtenir avec du bacille bulgare de diastase transformant le méthylglyoxal en acide lactique.

(2) Maurice Nicloux, *C. R. Société de Biologie*, t. 75, 1913, p. 57.

chimique de O^2 et de CO mis en présence d'hémoglobine (1) et montré avec Balthazard, par des analyses médico-légales (2) que la mort survient lorsque la quantité d'hémoglobine oxycarbonée représente environ les deux tiers de l'hémoglobine totale.

Pendant la guerre, le nombre des cas d'intoxication par l'oxyde de carbone, provoqués par les explosions dans les galeries de mines, les projectiles éclatant dans les abris, le tir des mitrailleuses sous abri ou dans les chars d'assaut, fut tel que le Service de Santé, d'accord avec le Sous-Secrétariat des Inventions, publia et distribua aux Armées une communication technique (3) recommandant la méthode de Schaefer, trop peu connue en France, pour les manœuvres de respiration artificielle, associée à l'inhalation d'oxygène au moyen des masques contre les gaz asphyxiants.

Depuis, la Direction des Recherches et des Inventions a dû, à plusieurs reprises, s'occuper de la même question : en 1920, à la demande de l'Office de la Reconstitution Industrielle (4), afin de donner des conseils aux sidérurgistes dont les ouvriers travaillent à proximité du gueulard des hauts fourneaux; cette année même, à la demande du Ministère des Travaux publics, à la suite de l'accident de Mornay.

D'autre part, à Strasbourg, l'un de nous (5) a pu observer le retour à la vie, grâce aux inhalations d'oxygène, d'un ouvrier gazier gravement intoxiqué par une fuite de la canalisation et assister corrélativement, par des analyses de l'oxyde de carbone dans le sang, à l'élimination du gaz toxique.

Tous ces faits nous ont conduits à nous préoccuper des moyens pratiques de sauvetage des asphyxiés.

En ce qui concerne les inhalations d'oxygène, le procédé classique qui consiste à placer dans ou devant la bouche une tétine reliée à un sac de caoutchouc rempli de ce gaz est totalement inefficace. L'asphyxié doit respirer dans une atmosphère riche en oxygène, d'où la nécessité de placer devant ses orifices respiratoires un masque où le gaz arrivera largement.

Le masque que nous avons l'honneur de présenter à l'Académie satisfait à ce but comme nombre de masques existant déjà, mais il répond, en

---

(1) Maurice Nicloux, *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 1425, et t. 158, 1914, p. 363; *Journal de Physiologie et de Pathologie générales*, t. 16, 1914, p. 145-155 et 164-177.

(2) V. Balthazard et Maurice Nicloux, *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 1787, et V. Balthazard, *Bulletin de la Société de Médecine légale*, 2e série, t. 10, 1913, p. 122-184.

(3) R. Legendre, *Communications techniques du Service de Santé*, 1re série, 1917, nos 2 et 3.

(4) R. Legendre, *Bulletin de la Direction des Recherches et Inventions*, mars 1920, p. 299.

(5) Maurice Nicloux, *Presse médicale*, 3 septembre 1921, p. 701.

outre, à de multiples conditions que nous avons jugées indispensables; en voici une brève description :

C'est un masque métallique du genre de ceux employés en anesthésie, il entoure seulement le nez et la bouche, et s'applique exactement sur la surface cutanée grâce à un bourrelet pneumatique qui, appuyé sur la face par la bride passée derrière la tête, assure l'étanchéité. Ainsi l'appareil laisse les yeux à l'air libre pour les cas où l'on aurait à en observer les réflexes et étant rigide il ne peut s'écraser sous le poids de la tête quand l'homme est couché sur le ventre.

Il a une capacité minime, et par conséquent un espace nuisible très réduit. Deux soupapes circulaires en caoutchouc mince, fixées en leur centre par un bouton (l'une d'inspiration et l'autre d'expiration), permettent la séparation des gaz; elles ont un diamètre de 23^{mm} suffisant pour ne créer aucune résistance et fonctionnent quelle que soit la position de l'homme : couché sur le ventre ou assis, la tête droite ou tournée.

Pour l'usage, on place en amont de la soupape inspiratore une poche ou un sac de caoutchouc, formant volant régulateur, alimenté par un cylindre d'oxygène comprimé dont un robinet ou un mano-détendeur limite le débit.

Le masque étant métallique peut être facilement gardé en réserve. Les parties en caoutchouc sont seules altérables, mais elles sont visibles, amovibles et très aisément remplaçables.

En ce qui concerne les manœuvres de respiration artificielle, on en est resté en France aux deux méthodes de Laborde et de Sylvester, seules recommandées et décrites par les circulaires du Ministre des Travaux publics, actuellement en vigueur et obligatoirement affichées dans toutes les installations électriques. Il serait temps d'y adjoindre, sinon même d'y substituer, la méthode de Schaefer, plus efficace que celle de Laborde, moins pénible que celle de Sylvester. Elle peut être appliquée sans perte de temps, même dans un espace très étroit; elle peut être répétée longtemps, sans grande fatigue; elle est simple et facile à apprendre aux hommes chargés de s'en servir, le cas échéant.

THÉRAPEUTIQUE. — *Sur les conditions expérimentales d'action de l'huile de foie de morue. Son pouvoir ostéodystrophique en présence d'un régime déficient.* Note (¹) de MM. **Georges Mouriquand** et **Paul Michel**, présentée par M. Widal.

L'action eutrophique de l'huile de foie de morue a été depuis longtemps constatée par les cliniciens, notamment chez l'enfant. Au cours de la croissance cette action paraît porter avec prédominance sur le système osseux. Son pouvoir antirachitique, qui ne fait guère de doute pour le pédiâtre, a été récemment démontré de façon brillante par toute une série d'auteurs américains, Mc Collum, Hess, Unger, Pappenheimer, etc. Après avoir réalisé par des régimes appropriés le rachitisme chez le rat, ils ont observé que des doses, même infinitésimales, d'huile de foie de morue ramènent une calcification rapide et la disparition des signes cliniques radiologiques et même histologiques du rachitisme.

Dans des circonstances précédemment indiquées par nous (²) nous avons obtenu des faits expérimentaux qui semblent, dans une certaine mesure, s'opposer aux constatations ci-dessus et permettent d'attribuer dans certains cas un véritable pouvoir ostéodystrophique à l'huile de foie de morue.

Nous rappelons ces faits (³). Si l'on donne à des cobayes le régime type suivant, orge + foin + 10$^{cm^3}$ de jus de citron cru, on obtient non seulement chez eux l'équilibre physiologique, mais une croissance et une reproduction normales. Si de ce régime type on enlève le foin, le mélange orge + jus de citron cru entraîne habituellement une déchéance organique progressive avec mort entre le 55e et le 80e jour (⁴). Dans tous ces cas l'autopsie des cobayes ne nous a révélé aucun trouble osseux ni sanguin du type du scorbut ou de l'ostéoporose.

Si à ce régime insuffisant, manquant notamment de liposoluble, on ajoute 2$^{cm^3}$,5 d'huile de foie de morue, on obtient au bout d'un temps

---

(¹) Séance du 22 janvier 1923.

(²) *Bulletin de la Société de Biologie*, 22 mai 1922.

(³) Ces faits ont été récemment confirmés par Bezssonof (*Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 846).

(⁴) Un certain nombre de cobayes ont eu pourtant une très longue survie sans altération notable de la nutrition, mais ils sont l'exception.

variant de 15 à 30 jours, avec mort du 29e au 81e, des troubles osseux, qui se caractérisent sur le vivant par une extrême sensibilité (des fémurs en particulier), et anatomiquement par une diminution marquée de la résistance avec état vacuolaire des os.

Dans ces cas, les hémorragies si fréquemment obtenues avec un régime scorbutigène type (orge + foin) semblent moins constantes. Aussi en l'absence de résultats histologiques caractéristiques faut-il réserver l'affirmation du scorbut et ne parler pour l'instant que d'une dystrophie osseuse, principalement caractérisée macroscopiquement par de la fragilité osseuse avec état vacuolaire, et histologiquement par de la raréfaction des trabécules et des ostéoblastes avec, fréquemment, de l'œdème médullaire.

Il n'en reste pas moins que ce régime a profondément altéré la nutrition osseuse. On peut se demander par quel mécanisme l'huile de foie de morue a agi dans ces cas. Nous avons écarté l'idée d'une dystrophie due à l'iode contenue dans cette huile, car en donnant aux cobayes un même régime, orge + jus de citron + des doses d'iode identiques à celles apportées par l'huile, nous n'avons obtenu ni manifestations ni lésions osseuses.

Des expériences récentes nous ont permis de préciser les faits suivants : si l'on donne aux cobayes un régime orge + huile de foie de morue + jus de citron cru + foin, les accidents de dystrophie osseuse ne se produisent pas, comme si l'action nocive de l'huile de foie de morue était entravée dans le cas où le régime contient toutes les substances indispensables à la nutrition de l'animal.

La même aetion ostéo-eutrophique est également mise en valeur par les faits ci-dessous : chez des cobayes présentant nettement des manifestations osseuses dues au régime dystrophique (orge + citron cru + huile de foie de morue), on guérit rapidement celles-ci par simple adjonction de foin. Au contraire on les fait apparaître chez les cobayes au régime normal + huile de foie de morue en supprimant le foin.

Ces faits nous paraissent établis sans que nous puissions encore en donner une explication valable. Retenons seulement qu'ils semblent indiquer que chez des sujets soumis à une alimentation déficiente (1) mais non scorbutigène, l'huile de fois de morue jouit à doses fortes d'un pouvoir ostéo-

---

(1) Le foin paraît agir sur la nutrition en apportant, d'après Mc Colum principalement des sels minéraux, du liposoluble, des amino-acides, etc. Quant à son rôle mécanique, nous cherchons à le vérifier.

dystrophique peut être scorbutique important qui ne se manifeste pas dans les cas où l'animal est à un régime et équilibré.

Sans vouloir tirer de ces faits expérimentaux des conclusions pratiques hâtives, peut-être est-il indiqué, lorsque l'on donne de l'huile de foie de morue à l'enfant, de se demander si celle-ci n'est pas capable d'entraîner chez lui des troubles osseux lorsque son alimentation est déficiente (alimentation hydrocarbonée prédominante par exemple). Peut-être est-il chez lui aussi nécessaire, pour écarter la nocivité de cette huile et pour lui permettre son action eutrophique, d'assurer à l'enfant un régime également complet et équilibré tant au point de vue des aliments simples que des substances minimales.

A $16^h 10^m$, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17 heures.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 22 janvier 1923.)

Note de M. *L. Lecornu*, Sur l'orbite de Mercure :

Page 205, ligne 17, *au lieu de* $16\pi^2 a^4 b$, *lire* $16\pi^3 a^4 b$.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 5 FÉVRIER 1923.

PRÉSIDENCE DE M. ALBIN HALLER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **da Costa Lobo**, Président de l'Institut de Coïmbre, Directeur de l'Observatoire de Coïmbre, qui assiste à la séance.

ASTRONOMIE. — *Le Cabinet du Roi et les découvertes oubliées de Rochon.* Note [1] de M. **G. Bigourdan**.

Cabinet de Passy. Ses coordonnées.

L'hôtel de la rue de Passy, acquis en 1760, appartenait au sieur Feydière, dont il conserva le nom encore quelque temps; il se trouvait en partie sur l'emplacement actuel de l'avenue de la Muette, au point où elle se détache de la rue de la Pompe, et n'a été démoli qu'en 1911. Son jardin [2], large de 35^{m}, longeait la rue de la Pompe vers le nord et s'étendait jusqu'à la rue Faustin-Hélie actuelle. Dans la suite, il s'agrandit de terrains vagues qui l'allongèrent d'environ 70^{m}, de sorte qu'il renfermait ainsi une carrière souterraine dite, sur le plan, *Carrière du Roi* [3], située à peu près sous l'immeuble qui porte aujourd'hui le n° 18 de la rue de la Pompe.

---

(1) Séance du 22 janvier 1923.

(2) Les plans détaillés de la maison, accompagnés de celui du jardin, sont aussi aux Arch. Nat. O_1 1581.

(3) L'Atlas des carrières de Paris dit que la carrière dont nous parlons et qui est aujourd'hui comblée, était exploitée à ciel ouvert. Les documents que nous avons rencontrés indiquent nettement le contraire.

Cet hôtel était principalement formé par un corps de bâtiment de 40^m de long sur 10^m de large, qui longeait la rue de la Pompe; son entrée, donnant sur la rue de Passy, le séparait des dépendances (cuisines, écuries, etc.) et était surmontée d'une terrasse qui servit à des observations astronomiques. Le principal bâtiment avait caves (carrières), entresol, premier étage, plus des mansardes sur la partie nord.

Il fallut aménager cet hôtel pour sa nouvelle destination, ce qui demanda plusieurs années à partir de 1760; néanmoins, sur le désir du roi, on en fit l'inauguration comme Observatoire le 6 juin 1761, à l'occasion du passage de Vénus, qui y fut observé (1) par de Fouchy, avec Ferner et Baër, astronomes suédois, avec dom Noël et avec l'opticien Passement.

Le Cabinet de Passy sous la direction de dom Noël (1760-1775). — La création du nouveau Cabinet fit naître, parmi les savants et les artistes, l'espoir qu'il donnerait essor à la construction des instruments de précision, pour lesquels la France était tributaire de l'étranger; mais cet espoir ne devait se réaliser que plus tard.

La transformation de l'hôtel, pour le rendre propre à sa nouvelle destination de laboratoire et de musée de Physique, avec salle de cours, commença immédiatement (1760), mais les travaux de gros œuvre avancèrent avec lenteur, faute d'argent, et les aménagements intérieurs étaient à peine terminés en 1763.

En même temps, on éleva au fond du jardin, pour le grand télescope, un abri qui paraît avoir été une sorte de hangar clos et pavé, dont la construction fut terminée à la fin de 1761; mais on ne put vitrer les croisées qu'en octobre 1766. Pour observer, on roulait au dehors cet instrument sur une plateforme dallée, située au-devant de l'abri; et cette manœuvre se faisait en tirant le télescope au moyen d'un cabestan.

Le montage de ce télescope, commencé en 1762, traîna également, et dom Noël ne le considéra comme terminé qu'en 1771; sa construction avait été commencée avant 1760.

Le grand télescope. — Cet instrument, du système Cassegrain, était constitué par un grand miroir (2) percé, de 22 pouces ($0^m,60$) de diamètre, placé à l'extrémité inférieure d'un tube de bois de 24 pieds ($7^m,80$) de long,

---

(1) *Hist.* et *Mém. de l'Académie des Sciences*, année 1761 : *Hist.*, p. 103, et *Mém.*, p. 96. On n'indique pas avec précision les points d'observation, mais de Fouchy donne $14^s,5$ Ouest comme différence de longitude avec l'Observatoire royal.

(2) Il y avait aussi un second grand miroir pour servir de rechange.

avec chercheur de 23 pieds de foyer, mouvement de rappel, etc.; le tout était sur un pied azimutal de charpente qui supportait aussi l'observateur (1), ayant à la main la possibilité de se donner de petits mouvements. Cet instrument paraît avoir été assez orné : dom Noël évalue à 2000 ou 3000, même une fois à 4000, le nombre de pièces dont il est composé; son poids, est dit-il, de 30 à 35 milliers de livres.

Dom Noël l'avait fait dessiner et graver; il se proposait d'en publier la description avec celle des autres machines du Cabinet, en même temps que son *Cours de Physique* qui devait avoir deux volumes au moins. L'inventaire de 1775 (n° 187) signale, en effet, diverses planches de cuivre déjà gravées pour ce Cours, mais rien de tout cela ne paraît avoir jamais vu le jour.

Si l'on en croit la correspondance de dom Noël, l'achèvement de ce grand télescope en 1771 fut un véritable événement astronomique. En réalité, dès 1763, on avait émis des doutes sur les qualités exceptionnelles que lui attribuait son constructeur; et, sauf pour la clarté, il ne donnait pas mieux que les bonnes lunettes achromatiques du temps.

Avec cet instrument, dom Noël entreprit une carte de la Lune de 12 pieds de diamètre, mais qui fut abandonnée presque aussitôt « à cause de la grande dépense »; et, en réalité, cet immense télescope n'a jamais servi à aucune observation utile (2).

L'Académie des Sciences ayant proposé comme sujet de prix le perfectionnement des lunettes achromatiques et la fabrication du flint-glass (3), dom Noël entreprit des recherches pour répondre à ce programme, établit des fours dans la carrière pour la fonte du verre et commença la construction de plusieurs lunettes achromatiques, dont une de 25 pieds de foyer. Il essaya également de perfectionner la construction des chronomètres de marine (4), mais aucun de ces divers projets ne fut mené à bout.

(1) Le support de l'observateur était assez robuste pour qu'il pût y monter à la fois 7 ou 8 personnes.

(2) Lors de la suppression du Cabinet (1792), ce grand télescope fut apporté à l'Observatoire royal avec les autres instruments de Passy. Après avoir fait retravailler les miroirs par Carochez, le Bureau des Longitudes fit exécuter un nouveau pied pour ce télescope, que l'on roulait sur la terrasse, dallée à cette occasion. La construction de ce pied, surveillée par de Prony, fut très laborieuse et l'instrument resta sans usage.

(3) Ce prix, proposé pour 1767, fut remis et décerné en 1774 à Libaude. La question ne paraissant pas épuisée, elle fut remise au concours pour 1786, puis pour 1791, et le prix ne fut jamais décerné.

(4) Le prix pour la mesure du temps à la mer fut mis deux fois au concours et décerné chaque fois à Le Roy, en 1769 et en 1773. Cette question, qui souleva quelque

Tous ces insuccès avaient ébranlé la situation de dom Noël, et sur la fin du règne de Louis XV on envisagea la suppression du Cabinet. De puissantes raisons (exposées à l'abbé Terray dans un intéressant Mémoire dont nous ne connaissons pas l'auteur, mais qui devait appartenir à l'Académie des Sciences) firent suspendre cette décision. Cet auteur insiste sur l'utilité de conserver le Cabinet aux applications de la Physique; et si l'on eût suivi ses conseils, Paris aurait eu un siècle plus tôt un Bureau central météorologique et un Laboratoire d'artillerie.

A l'avènement du règne de Louis XVI (1774), qui fut le signal d'une sérieuse tentative pour réduire les dépenses, l'existence du Cabinet de Passy fut encore plus sérieusement menacée. Mais d'Angiviller, Contrôleur des Bâtiments, considérant « que le nombre des places propres à récompenser et encourager les sçavans sont fort rares », en obtint la conservation. Seulement comme l'incapacité de dom Noël était définitivement établie, sa mise à la retraite fut décidée pour le 1er janvier 1775; mais il refusa de l'accepter. Le Gouvernement avait les mains doublement liées : par l'imprécision de la convention primitive de 1759 et par ses dettes reconnues vis-à-vis de dom Noël. Aussi dut-il négocier avec celui-ci qui s'était retiré à Clamart d'abord, à Montrouge ensuite, en emportant les principaux instruments; et il parvint ainsi à retarder l'entrée en fonctions de ses successeurs jusqu'en février 1777; encore fallut-il lui laisser, sa vie durant, la jouissance du grand télescope et d'une maisonnette voisine; mais il ne fit aucun usage ni de l'un ni de l'autre.

Coordonnées du grand télescope. — Placé au fond du jardin, cet instrument se trouvait sur l'emplacement du n° 10 actuel de l'avenue Jules-Janin. Ses coordonnées étaient à peu près 2641^{m} au nord et 4457^{m} à l'ouest de notre origine.

Le Cabinet de Passy, de 1775 à sa suppression (1792). — Dom Noël fut remplacé par J.-B. Leroy [1], qui s'occupa surtout d'électricité, et par A.-M.

---

passion, occasionna successivement, pour la France seule, les quatre voyages d'épreuve de l'*Aurore* en 1767 (*Courtanvaux*, Pingré, Messier), — de l'*Enjouée* en 1768 (*Tronjoly*, Cassini IV), — de l'*Isis* en 1768-1769 (*Fleurieu*, Pingré) et de la *Flore* en 1771-1772 (*Verdun*, Borda, Pingré, Mersais).

(1) Jean-Baptiste Leroy (1719 — † 1800 janvier 31) était un des quatre fils du célèbre horloger Julien Leroy (1686-1759). Élu membre de l'Académie des Sciences comme adjoint géomètre le 1er septembre 1751, il devint associé le 25 janvier 1766 et pensionnaire mécanicien le 4 juillet 1770. Lors de sa nomination de garde du Cabinet de Passy, il était, en outre, membre de la Société royale de Londres et de celle de Philadelphie.

Rochon (¹), spécialement chargé de l'Optique et de l'Astronomie. Celui-ci eut d'abord comme Observatoire et comme atelier l'ancien pavillon du jardin de la Muette, et comme habitation, l'appartement que dom Noël s'était fait aménager dans les combles de l'hôtel. Il établit aussi sur la terrasse qui surmontait l'entrée de l'hôtel un observatoire portatif acheté au duc d'Ayen. Après la mort de dom Noël, en 1783, il disposa du grand télescope, du pavillon qui l'abritait, ainsi que du pied-à-terre et du jardin contigus.

C'est dans ce jardin que se trouvait la « carrière du roi » où dom Noël avait établi ses fourneaux. Buffon paraît y avoir fait divers essais relatifs aux miroirs ardents. De son côté Rochon y continua les recherches sur la fabrication du flint-glass et sut apporter à cette fabrication des perfectionnements importants, adoptés par la technique actuelle. Ainsi dans les blocs qui se forment par la rupture de la matière, quand on ouvre le creuset, il enlevait, au grès, les parties optiquement défectueuses, puis le reste était ramolli dans un moule de terre ayant la courbure que l'on voulait obtenir. C'est ainsi qu'il s'était procuré, dit-il, des morceaux de flint-glass propres, par leur épaisseur et leur diamètre, aux plus grandes lunettes; et il nous a conservé le nom de l'artiste, *Fenet*, qu'il avait dressé à ce travail.

En février 1776 il fit connaître son prisme à angle variable qui est resté en Physique sous le nom de *Diasporamètre;* et quelques jours après, le 13 mars 1776, il soumit à l'Académie des Sciences des *Recherches sur la nature de la lumière des étoiles fixes*, où il décrit les spectres de Sirius, de Rigel et d'autres étoiles jusqu'à la 6ᵉ grandeur, vus dans une lunette portant un prisme devant l'objectif : il doit donc être considéré comme l'inventeur du prisme objectif, ordinairement attribué à Fraunhofer qui n'en fit usage qu'un demi-siècle plus tard; mais ce travail de Rochon passa inaperçu.

La découverte du spectre infra-rouge, faite aussi par Rochon, est un peu antérieure (²).

(¹) Alexis-Marie DE ROCHON (Brest, 1741 février 21 — † Paris, 1817 avril 5) porta le titre d'abbé jusqu'à la Révolution, mais ne fit jamais de vœux. Des mémoires d'optique présentés à l'Académie des Sciences en 1766 et 1767, lui valurent le titre de Correspondant le 25 novembre 1767. Dans les années 1767-1773 il fit successivement trois voyages maritimes; il fut nommé membre de l'Académie des Sciences comme adjoint mécanicien le 30 avril 1771.

(²) Voir *Recueil de Mémoires sur la Mécanique et la Physique*, par M. l'abbé ROCHON..., 1783.

C'est au commencement de 1777 qu'il eut l'idée géniale d'employer la double réfraction pour la mesure des angles et par suite des distances : il créa ainsi le prisme biréfringent qui porte son nom.

Il eut également l'idée d'employer le platine pour construire des miroirs de télescope à peu près inaltérables, et l'on espéra un instant que de tels instruments pourraient concurrencer ceux d'Herschel. Mais ces espérances ne devaient pas se réaliser, car on touchait au moment où, par raison d'économie, le Cabinet de Passy allait disparaître : les meubles furent dispersés en 1791, et un instant il fut question d'installer les instruments au Louvre; mais finalement ils vinrent s'échouer à l'Observatoire. L'hôtel lui-même fut vendu alors, mais il n'a été démoli, nous l'avons déjà dit, qu'en 1911.

Il y a lieu de rappeler ici les noms des principaux ouvriers ou artistes qui, par leurs talents, contribuèrent à la réputation du Cabinet. Ce fut d'abord *Maingaut*, ouvrier habile, qui pendant 20 ans avait été opticien chez le duc de Chaulnes, et qui en 1760 entra au Cabinet de Passy comme élève et concierge. Un autre ouvrier opticien, *Banide*, seconda dom Noël jusqu'à la fin et devint le concierge après le départ de celui-ci. *Baradelle* exécuta les premières lunettes à double image de Rochon. Nous avons déjà cité *Fenet* comme fondeur de verre; mais le plus connu de tous est l'artiste opticien *Carochez*, qui construisit le premier miroir de platine et qui devint membre du Bureau des Longitudes à sa fondation (1795).

Nous avons dit qu'un petit Observatoire fut installé par Rochon au-dessus de la porte d'entrée de l'hôtel de Passy. Le plan de l'hôtel, reporté sur celui de Paris à 2^{mm} par mètre, donne pour les coordonnées de ce pont 2433^{m} au Nord et 4506^{m} à l'Ouest. En transformant en coordonnées angulaires ces nombres et ceux que nous avons donnés précédemment, on obtient donc les valeurs suivantes pour les longitudes et latitudes des trois points de la Muette et de Passy où ont été faites quelques observations astronomiques :

		Nord.	Ouest.	Δφ Nord.	Δℒ Ouest.	φ +48°51′	Δℒ Ouest.
Observatoire de la Muette....		2802^{m}	4490^{m}	+ 1′.30″,7	3′.40″,3	41″,7	14^{s},69
Hôtel de Passy	Observ. de l'entrée.	2433	4506	+ 1.18,8	3.41,1	29,8	14,74
	Grand télescope...	2641	4457	+ 1,25,5	3.38,7	36,5	14,58

PHYSIOLOGIE. — *Le réflexe laryngo-cardiaque.*
Note (¹) de MM. **Charles Richet**, **L. Garrelon** et **D. Santenoise.**

I. L'attention des médecins s'est portée récemment sur le réflexe oculo-cardiaque (ralentissement du cœur à la suite de la compression des globes oculaires (²). De fait, on savait depuis longtemps, et surtout depuis Claude Bernard, que toute excitation d'un nerf sensible retentit sur le cœur, et que le nerf trijumeau et le nerf vague sont par leurs filets sensitifs plus aptes que tous autres nerfs sensibles à provoquer un réflexe cardiaque d'inhibition. Mais on n'avait pas encore étudié le réflexe laryngo-cardiaque, c'est-à-dire le ralentissement ou l'arrêt du cœur déterminés par la compression du larynx, comme on l'a fait avec tant de soin pour le réflexe oculo-cardiaque (³).

Cependant le réflexe laryngo-cardiaque est tout aussi facile à constater que le réflexe oculo-cardiaque. C'est cette étude que nous allons sommairement exposer.

II. Quand on comprime, même légèrement et durant peu de temps, le larynx d'un chien chloralosé dont la pression artérielle est enregistrée au kymographe, on voit constamment le cœur se ralentir, et, à la suite de ce ralentissement du cœur, la pression baisser. Le nombre des battements du

---

(¹) Séance du 29 janvier 1923.

(²) C'est à J. Gautrelet qu'est due l'application à la séméiologie médicale du réflexe oculo-cardiaque. Ascher (*Wien. Klin. Woch.*, 1908, p. 1259), l'avait noté sur les animaux, mais Gautrelet par des observations prises dans le service de Ed. Lesné, à l'hôpital Tenon, a montré que dans la maladie de Basedow, et dans d'autres affections morbides, ce réflexe donnait des indications précieuses. Beaucoup de médecins l'ont étudié ensuite, et souvent sans mentionner le Mémoire fondamental de Gautrelet (*Bull. Soc. méd. des hôpitaux*, 25 avril 1913, et *Paris médical*, novembre 1913).

(³) Voir surtout François-Franck, *Effets des excitations des nerfs sensibles* (*Travaux du labor. de Marey*, t. 2, 1876, p. 221-288).

Pour les travaux récents, voir R. Tigerstedt, *Die Physiologie des Kreislaufs*, 2ᵉ édition, t. 2 (Berlin et Leipzig, 1921, p. 413-423.

En médecine légale on a signalé (Hofmann, Brouardel) deux ou trois cas, mal étudiés, de mort subite à la suite de la compression du larynx, probablement par syncope, mais l'étude physiologique n'a pas été faite, et il est probable que dans ces morts subites il s'agissait d'individus dont le cœur était malade. Il est de notion classique que l'excitation, même très violente, du bout périphérique du nerf vague ne peut provoquer jamais l'arrêt définitif du cœur, sauf sur des animaux mourants. (P. Bert.)

cœur diminue pendant quelques secondes dans la proportion, très variable d'ailleurs, de 10 à 5, 6, 7, 8. Toute mesure plus précise est impossible, car la compression du larynx ne peut guère être graduée, et les effets en sont très différents chez les chiens âgés à cartilages plus ou moins ossifiés et chez les jeunes chiens. En outre le pouvoir vagotonique est extrêmement variable suivant les individus.

Le réflexe laryngé est exactement parallèle au réflexe oculaire. Les animaux fortement vagotoniques au réflexe oculaire le sont aussi pour le réflexe laryngé, et inversement. Les effets sur la pression artérielle et sur le ralentissement du cœur sont pour ces deux réflexes tellement analogues que les graphiques sont presque superposables.

Bien entendu l'injection d'atropine abolit le réflexe; car il est dû à l'action centrifuge du pneumogastrique sur le cœur, action qui est paralysée par l'atropine.

Contrairement à ce qu'on aurait pu supposer *a priori*, une légère dose de strychnine diminue ou même abolit le réflexe.

Sur le lapin, comme sur le chien, on l'observe, quoiqu'il soit moins marqué sur le lapin.

III. Cette action sur le cœur n'est pas due à l'action respiratoire. Sur un chien qui à la suite d'une forte dose de chloralose ne respirait plus spontanément, nous l'avons vue très manifeste. C'est un effet direct sur le cœur.

François-Franck avait d'ailleurs constaté une inhibition cardiaque légère, à la suite de la cautérisation de la muqueuse laryngée. De même, on savait que l'excitation du bout central d'un des pneumogastriques ou du laryngé supérieur provoque souvent un léger ralentissement du cœur. Mais par la compression du larynx qu'on n'avait pas étudiée encore, l'effet inhibitoire est bien plus marqué et ne fait jamais défaut.

IV. Par la compression du testicule on obtient chez les chiens très vagotoniques un réflexe d'inhibition cardiaque, mais moins constant et moins marqué que par la compression des narines, et surtout celles du larynx et de l'œil.

V. Une hémorragie notable, mais qui ne met nullement en danger la vie de l'animal (hémorragie de 200^{g} pour un chien de 12^{kg}) rend le réflexe un peu plus net. Une hémorragie plus abondante a un effet inverse. Si le chien, étant soumis à une respiration artificielle active, est en état d'apnée, le réflexe disparaît, comme Gautrelet l'avait noté. Mais nous avons vu qu'il reparaît quand on cesse la respiration artificielle. Si l'on supprime complètement la respiration artificielle chez un chien à thorax ouvert, le cœur se

ralentit avec les progrès de l'asphyxie. Alors, sur ce cœur ralenti, la compression du larynx augmente le ralentissement; mais le réflexe, quand le sang est très asphyxique, est moins intense que dans les conditions respiratoires normales.

Dans certains cas nous avons cru observer que le ventricule se ralentit et que pourtant l'oreillette continue à battre avec même fréquence. Mais cette dissociation n'est pas bien certaine.

V. Notre attention s'est portée sur les modifications du réflexe laryngo-cardiaque chez les animaux réchauffés ou refroidis. On sait que si, par un procédé quelconque, on échauffe l'organisme d'un chien, on provoque une action bulbaire spéciale (polypnée thermique) consistant en une respiration très fréquente. La polypnée thermique ne commence que lorsque la température organique s'élève à 41°,7 environ. Or, dès que la polypnée thermique s'est établie, le réflexe laryngé cesse, tandis qu'il est très marqué encore quand la température est à 41°,5, et même à 41°,8, s'il n'y a pas de polypnée thermique. Cette influence de la polypnée sur le réflexe est due à une suroxygénation du sang; car, dès que la respiration est moins active, malgré l'élévation thermique le réflexe reparaît, très intense. Par l'expérimentation directe nous avons constaté que c'est bien la suroxygénation du sang qui empêche le réflexe de se produire, et non l'absence de CO^2 (acapnie) : car un chien qui respire un mélange gazeux riche à la fois en oxygène et en CO^2 n'a plus ce réflexe.

D'autre part, si l'on refroidit un chien, l'animal, pour lutter contre le refroidissement, est pris de frisson thermique (contractions convulsives et rythmées de tous les muscles).

Le réflexe disparaît aussi pendant le frisson thermique.

Tout se passe comme si les centres nerveux médullaires, soucieux de la régulation thermique essentielle, avaient perdu le pouvoir de réagir aux incitations réflexes qui ne sont puissantes que lorsque ces centres sont dans les conditions normales.

Ce n'est pas en effet le froid qui empêche le réflexe. Sur les chiens refroidis à 25° (et ne frissonnant plus) nous avons vu le réflexe laryngo-cardiaque, très intense, provoquer une vraie syncope de quelques secondes.

Ainsi ni la chaleur ni le froid n'abolissent le réflexe laryngo-cardiaque ; mais, ce qui est bien important pour la physiologie générale des centres nerveux, *la suroxygénation diminue et annihile presque cette réflectivité.*

Dans aucun cas nous n'avons pu voir la compression même très forte et très prolongée du larynx produire une syncope mortelle.

VI. Peut-être serait-il intéressant aux médecins de poursuivre l'étude de ce réflexe dans la séméiologie des maladies nerveuses. Toutefois chez l'adulte le larynx est trop résistant pour que la muqueuse puisse être efficacement comprimée; et chez les enfants nous n'avons pas osé faire une compression assez forte pour constater quelque effet notable.

ÉLECTRO-MÉCANIQUE. — *Influence des régulateurs de vitesse asservis des turbo-alternateurs sur les oscillations des groupes accouplés électriquement. Cas du réglage indirect.* Note (1) de M. **A. Blondel.** (Extrait.)

Le mode de régulation de vitesse des moteurs qui conduisent des alternateurs accouplés peut jouer un rôle plus ou moins important dans la fréquence et l'amortissement de leurs oscillations et modifier ainsi les résultats obtenus pour les oscillations libres (2). Connaissant les lois de celles-ci, la détermination des effets produits par la régulation n'est plus qu'un problème de mécanique. Les moteurs qui entraînent les générateurs modernes sont le plus souvent des turbines hydrauliques ou à vapeur dont le réglage d'admission est fait par servo-moteurs. C'est donc ce cas que nous allons traiter de préférence, en supposant connus les principes de la régulation indirecte par servo-moteurs (3).

On sait que, dans ce mode de régulation, il y a autour de chaque régime stable quatre vitesses critiques, correspondant respectivement à l'embrayage et au débrayage d'ouverture de la valve du servo-moteur, et à l'embrayage et au débrayage de la fermeture. Dans le cas des turbines à vapeur, les écarts entre ces différentes vitesses critiques sont très faibles. Nous supposerons, pour simplifier, qu'on les néglige, même pour les turbines hydrauliques, ce qui revient à négliger, dans l'étude analytique qu'on veut faire, les durées, relativement assez courtes, pendant lesquelles l'alternateur, après une brusque variation de charge, oscille avant la mise en marche correctrice du servo-moteur.

Appelons C_0 le couple maximum que peut produire le moteur turbine, T la durée totale de la manœuvre d'ouverture de la valve par le servo-moteur pour passer de la marche à vide à la pleine charge. Si l'on admet, suivant

(1) Contenue dans un pli cacheté reçu dans la séance du 26 avril 1920, enregistré sous le n° 8756 et ouvert dans la séance du 22 janvier 1923.

(2) Cf. *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 000.

(3) Cf. les travaux bien connus de Léauté, Lecornu, Rateau, Routin, Barbillion, etc.

la simplification ordinaire, que, pendant cette manœuvre, le couple moteur varie proportionnellement au temps, ce couple a pour expression à chaque instant $t\,C_0$.

Si l'on admet encore une loi de variation linéaire pour l'asservissement, la vitesse angulaire imposée par le régulateur $\left(\frac{d\theta}{dt}\right)_r$ variera elle-même suivant une loi linéaire :

$$\Delta\left(\frac{d\theta}{dt}\right)_r = \frac{t}{\tau}\delta,$$

en désignant par δ l'écart de réglage total (différence de vitesse de réglage entre la marche à vide et la marche à pleine charge), et par $\Delta\left(\frac{d\theta}{dt}\right)_r$ l'augmentation critique de la vitesse, pour laquelle la manœuvre d'ouverture ou de fermeture est déclenchée par le régulateur.

L'effet d'un terme en t, dans l'expression de la variation de couple moteur (variation qui est nulle dans le cas des oscillations à régulateur bloqué), se traduit par l'introduction d'un second nombre en t dans l'équation de variation des couples (2 *bis*) de ma précédente Note, et seulement dans cette équation. Il est dès lors assez facile de déterminer une solution particulière des équations avec second membre, et il suffit de l'ajouter à l'intégrale générale obtenue pour les équations sans second membre.

On va exposer cette solution d'abord dans le cas des alternateurs les plus simples, sans courants induits dans le système inducteur, puis dans le cas général.

1° *Cas d'alternateurs sans courants induits dans les inducteurs.* — Le mouvement est déterminé par une seule équation différentielle du deuxième ordre, celle du couple, qui s'écrit, en désignant par θ' et θ'' les dérivées première et seconde de θ :

$$\frac{K}{p}\theta'' + a\theta' + C\theta = \frac{t}{\tau}C_0. \tag{1}$$

Pour plus de généralité, j'introduirai même les réductions de couple produites par les étranglements du fluide moteur et que l'on représentera par un terme proportionnel à la vitesse $(-\lambda\theta')$, et par l'inertie du fluide dans les conduites, que l'on représentera par un terme proportionnel à l'accélération $(-\nu\theta'')$; ce dernier terme peut être considérable dans le cas des turbines hydrauliques. L'équation (1) peut être ainsi remplacée par la suivante, qui contient tous les éléments du problème :

$$\left(\frac{K}{p} + \nu\right)\theta'' + (a + \lambda)\theta' + C\theta = \frac{t}{\tau}C_0. \tag{2}$$

Désignons par $x_1 = -\alpha + j\beta$ et $x_2 = -\alpha - j\beta$ les deux racines complexes conjuguées de l'équation caractéristique de l'équation différentielle (2) privée du second membre. L'équation avec second membre comporte, d'autre part, une solution particulière évidente :

$$\theta = A_3 + A_4 t. \tag{3}$$

La solution complète de l'équation différentielle est ainsi de la forme

$$\theta = A e^{-\alpha t} \cos(\beta t - \varphi) + A_3 + A_4 t, \tag{4}$$

A, A_1, A_2 et φ étant quatre constantes à déterminer.

Pour déterminer A et φ, remarquons que les conditions initiales (pour $t = 0$) sont, d'après les considérations exposées dans ma précédente Note :

$$\theta = \theta_0, \qquad \theta'_0 = 0.$$

L'équation (4) et sa dérivée donnent ainsi les relations

$$\left\{ \begin{array}{l} A \cos\varphi + A_3 = \theta_0, \\ A_4 - \alpha A \cos\varphi + \beta A \sin\varphi = \theta'_0 = 0, \end{array} \right. \tag{5}$$

d'où l'on déduit A et φ :

$$\left\{ \begin{array}{l} A = (\theta_0 - A_3)\sqrt{1 + \left[\dfrac{\alpha}{\beta} + \dfrac{A_4}{\beta(\theta_0 - A_3)}\right]^2}, \\ \varphi = \text{arc tang}\left[\dfrac{\alpha}{\beta} = \dfrac{A_4}{\beta(\theta_0 - A_3)}\right]. \end{array} \right. \tag{6}$$

Reste à calculer A_3 et A_4 introduits par la solution particulière; il suffit, pour cela, de substituer dans (2) la solution (3) et d'identifier les termes respectivement proportionnels à t et indépendants de t.

D'où les relations

$$\left\{ \begin{array}{l} CA_4 = \dfrac{C_0}{\tau}, \\ (a + \lambda) A_4 + CA_3 = 0, \end{array} \right. \tag{7}$$

qui donnent pour A_3 et A_4 les expressions suivantes :

$$\left\{ \begin{array}{l} A_4 = \dfrac{C_0}{C\tau}, \\ A_3 = -\dfrac{a + \lambda}{C} \dfrac{C_0}{C\tau}. \end{array} \right. \tag{8}$$

Le mouvement est donc entièrement défini par les données initiales.

Cette oscillation est interrompue au moment où la vitesse θ', après avoir crû en valeur absolue, prend une nouvelle valeur constante, qui serait nulle dans le cas où il n'y a pas d'asservissement, mais qui, par suite de celui-ci, sera

$$\theta' = \theta'_0 + \frac{t}{\tau}\delta = \frac{t}{\tau}\delta, \tag{9}$$

δ étant l'écart de réglage et τ la durée d'ouverture totale.

On en déduit, pour calculer t, la condition

$$\frac{d\theta}{dt} = -\mathrm{A}\,e^{-\alpha t}[\alpha\cos(\beta t - \varphi) + \beta\sin(\beta t - \varphi)]\,\mathrm{A}_t = \frac{t}{\tau}\delta; \tag{10}$$

cette équation peut se résoudre soit par approximations successives, soit plus aisément par construction graphique, en cherchant l'intersection des deux courbes fonction de t passant toutes deux par l'origine du temps :

$$y = \frac{d\theta}{dt} \quad \text{(sinusoïde amortie)} \qquad \text{et} \qquad y = \frac{t}{\tau}\delta \quad \text{(droite)}. \tag{11}$$

2° *Cas général; influence des courants induits dans les inducteurs.* — L'équation précédente des couples (1) doit être remplacée par la suivante [d'après l'équation (3) de ma Note précédente] :

$$\mathrm{K}'\theta'' - \xi\theta' + \Pi\theta + \mathrm{V}_d i_d + \mathrm{V}_t i_t = \frac{\omega}{pq}\frac{t}{\tau}\mathrm{C}_0. \tag{13}$$

En tenant encore compte des couples dus aux frottements et à l'inertie des fluides, et en posant

$$\lambda_2 = \frac{\omega}{pq}\lambda; \qquad v_r = \frac{\omega}{pq}v \qquad \text{et} \qquad \Gamma_0 = \frac{\omega}{pq}\mathrm{C}_0, \tag{14}$$

cette équation s'écrit aussi

$$\mathrm{K}' + v_r)\theta'' + (\lambda_r - \xi)\theta' - \Pi\theta + \mathrm{V}_d i_d + \mathrm{V}_t i_t = \frac{t}{\tau}\Gamma_0. \tag{13 bis}$$

Avant toute intégration, on peut déterminer par des considérations mécaniques les conditions initiales. Les deux premières sont encore évidemment

$$\theta = \theta_0 \qquad \text{et} \qquad \theta'_0 = 0. \tag{14}$$

Reportons-les dans (13 *bis*); et en tenant compte des anciennes équations (9 *bis*) et (10 *bis*), on a l'équation suivante, symétrique de l'ancienne équa-

tion (16), et qui permettra de calculer θ'_0 :

$$(15)\qquad (K' + \nu_r)\theta''_0 + \left[\Pi + \frac{V_d U_d}{\omega L_d} + \frac{V_t U_t}{\omega L_t}\right]\theta_0 - V_d \frac{M_d}{L_d}(i_{md})_0 = 0.$$

La dérivée par rapport à t de (13 *bis*), que nous écrirons tout de suite pour le régime initial, est [1]

$$(16)\qquad (K' + \nu_r)\theta'''_0 + (\lambda_2 - \xi)\theta''_0 + V_d(i'_d)_0 + V_t(i'_t)_0 = \frac{\Gamma_0}{\tau}$$

ou, en substituant les valeurs de $(i'_d)_0$ et $(i'_t)_0$ de ma précédente Note, qui ne subissent aucun changement :

$$(17)\qquad (k' + \nu_2)\theta'''_0 + \left[\frac{V_d}{\sigma_d \omega L_d}\frac{E_t}{\omega} - \frac{V_t}{\sigma_t \omega L_t}\frac{E_d}{\omega} + \lambda_r - \xi\right]\theta''_0$$
$$+ \left[\frac{V_d U_d}{\sigma_d \omega L_d} k_d m_d + \frac{V_t U_t}{\sigma_t \omega L_t} k_t m_t\right]\theta_0 + \frac{V_d}{\sigma_d \omega L_d} k'_d m_d (i_{md})_0 - \frac{\Gamma_0}{\tau} = 0.$$

Cette relation permet de calculer θ'''_0.

k_t est nul dans les alternateurs ordinaires; k_d est nul et k'_d se réduit à 1 quand l'alternateur n'est pas compoundé. On obtient donc ainsi les valeurs initiales de θ et de ses trois premières dérivées.

D'autre part on trouve aisément que le système des équations (13 *bis*) ci-dessus et (14) et (15), de ma Note du 3 mars 1919, admet une intégrale particulière de la forme

$$(18)\qquad \theta = \theta_1 + \theta_2 t, \qquad i_d = i_{d1} + i_{d2} t, \qquad i_t = i_{t1} + i_{t2} t,$$

et, par suite, la solution complète est

$$(19)\qquad \theta = \Theta_1 e^{x_1 t} + \Theta_2 e^{x_2 t} + \Theta_3 e^{x_3 t} + \Theta_4 e^{x_4 t} + \theta_1 + \theta_2 t.$$

Cette équation et ses trois premières dérivées donnent, pour $t = 0$, le Tableau suivant à quatre inconnues Θ_1, Θ_2, Θ_3, Θ_4; les deux premières équations diffèrent seules de celles de ma précédente Note :

$$(20)\qquad \begin{cases} \theta_0 = \Theta_1 + \Theta_2 + \Theta_3 + \Theta_4 + \theta_1, \\ \theta'_0 = x_1\Theta_1 + x_2\Theta_2 + x_3\Theta_3 + x_4\Theta_4 + \theta_2, \\ \theta''_0 = x_1^2\Theta_1 + x_2^2\Theta_2 + x_3^2\Theta_3 + x_4^2\Theta_4, \\ \theta'''_0 = x_1^3\Theta_1 + x_2^3\Theta_2 + x_3^3\Theta_3 + x_4^3\Theta_4. \end{cases}$$

Pour y déterminer θ_1 et θ_2, il suffit de faire les substitutions indiquées ci-

(1) Dans l'hypothèse, où $(I'_t)_0 = 0$ et $(I'_d)_0 = 0$, c'est-à-dire pour des variations non discontinues des courants I_t et I_d.

dessus dans (13 *bis*) et dans les anciennes équations (14) et (15) et d'identifier les termes en t et indépendants de t. Ces calculs, assez longs, donnent la solution suivante, dont la discussion générale serait compliquée et sans grand intérêt :

$$\theta_1 = \frac{\Gamma_0}{\tau} \frac{m_d m_t}{\left[\Pi + \frac{V_d U_d}{k'_d \omega L_d} + \frac{V_t U_t}{k_t \omega L_t}\right]^2} \left\{ \frac{V_d}{k'_d \omega L_d} \left[\frac{k'_d - \sigma_d}{k'_d m_d} U_d + \frac{E_t}{\omega}\right] - \frac{V_t}{k'_t \omega L_t} \left[\frac{k'_t - \sigma_t}{k'_t m_t} U_t - \frac{E_d}{\omega}\right] + \frac{r}{\omega^2 k'_d L_d k'_t L_t} \left[\frac{U_t E_t}{\omega} - U_d \frac{E_d}{\omega}\right] + \frac{\xi}{\omega^2 L_d L_t} \right\},$$

$$\theta_2 = \frac{\Gamma_0}{\tau} \frac{1}{\Pi + \frac{V_d U_d}{k'_d \omega L_d} + \frac{V_t U_t}{k'_t \omega L_t}}.$$

Le problème est ainsi entièrement résolu par les équations (20) et la solution numérique en est facile en fonction des données dans chaque cas particulier.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les hydrates de krypton et d'argon.* Note [1] de M. R. DE FORCRAND.

Quelques mois après la découverte de l'argon, M. P. Villard [2] obtint un hydrate cristallisé de ce gaz. Il annonça que sa tension de dissociation étant de 105^{atm} *environ vers* 0°, et qu'elle devenait 210^{atm} à + 8°.

On ne remarqua pas assez tout de suite ce que pouvait avoir de paradoxal l'existence d'une combinaison formée par un gaz réputé sans valence; et puis il s'agissait d'une anomalie isolée.

Cependant lorsque l'argon fut devenu le centre d'une nouvelle famille de corps simples bien connus aujourd'hui et qui paraissent tous incapables de former aucune autre combinaison, je cherchai à me procurer un échantillon de chacun d'eux pour les hydrater.

On sait d'ailleurs que dans chaque famille de gaz, la stabilité de l'hydrate va en augmentant avec son poids moléculaire. L'hydrate d'argon étant déjà très peu stable, d'après les mesures de M. Villard, il était indiqué de faire des essais plutôt avec le krypton et le xénon qu'avec le néon ou l'hélium.

Je n'ai pas encore pu me procurer du xénon pur, malgré les recherches

(1) Séance du 29 janvier 1923.

(2) *Comptes rendus*, t. 123, 1896, p. 377.

que j'ai faites depuis 20 ans, mais je dois à l'obligeance de MM. Moureu et Lepape un petit échantillon de 4^{cm^3} à 5^{cm^3} de krypton pur avec lesquels j'ai obtenu des résultats très nets.

Comme il arrive toujours, l'hydrate cristallisé de krypton se forme dans l'appareil Cailletet au contact d'une trace de glace et s'y conserve ensuite au-dessus de 0° sous une pression suffisante.

J'ai obtenu directement les tensions suivantes :

$0° = 14^{atm},5$; $+4°,8 = 23^{atm},5$; $+10°,3 = 38^{atm},7$; $+12°,5 = 47^{atm},5$,

ce qui permet de calculer les tensions qui suivent :

°	atm	Cal [1]	
0	14,50		
		+15,292	
+ 2	17,78		
		+13,953	
+ 4	21,38		
		+15,100	moyenne : $+14^{Cal},712$
+ 6	26,00		
		+13,547	
+ 8	30,91		
		+15,525	
+10	37,58		
		+14,879	
+12	45,19		

A +13° je n'ai pu reproduire l'hydrate même sous des pressions de plus de 100^{atm}. La température +12°,5 à +13° est donc le point critique de décomposition de l'hydrate. Il est beaucoup plus élevé (75° en plus) que le point critique de liquéfaction du gaz (−62°,5).

La courbe prolongée au-dessous de 0° donnerait une tension de 760^{mm} à 248°,2 abs., soit −24°,8 C. Ce fait permet d'avoir une idée de la chaleur de formation à partir de l'eau solide : $+7^{Cal},446$. La différence entre +14,712 et +7,446, soit 7,266, correspond à la solidification des *n* molécules d'eau de l'hydrate $Kr + nH^2O$. On trouve ainsi que *n* serait égal à 5,08. Il s'agirait donc d'un hydrate à $5H^2O$ très probablement.

J'ai fait aussi quelques expériences sur l'hydrate d'argon avec un échantillon d'argon pur que je dois également à l'obligeance de MM. Moureu et Lepape.

Si en effet on devait admettre comme exactes les deux tensions

$$105^{atm} \text{ à } 0° \quad \text{et} \quad 210^{atm} \text{ à } +8°,$$

le calcul donnerait pour la chaleur de formation, à partir de l'eau liquide, $+13^{Cal},30$; la courbe prolongée donnerait une pression de 760^{mm} à 229°,2 abs. et *n* serait égal à 4,5 [2].

---

[1] Cette colonne donne la chaleur de formation à partir de l'eau liquide pour chaque intervalle de 2°.

[2] Voir *Ann. Ch. Phys.*, 7e série, mai 1903.

Sans doute deux points suffisent pour tracer toute la courbe, mais les indications de M. Villard laissaient évidemment quelques doutes au sujet du premier point puisqu'il nous dit

tension *voisine* de 105^{atm} *vers* 0° C.

J'ai donc vérifié ce point 0° C. Après plusieurs lectures faites entre 0° et + 0°,4, j'ai obtenu comme moyenne $98^{atm},5$ à + 0°,2, résultat qui montre que la valeur 105^{atm} est trop élevée (de 10^{atm} environ pour 0°). Elle n'atteindrait 105 qu'à + 0°,6.

Je me suis donc servi de cette nouvelle valeur : $98^{atm},5$ à + 0°,2 en la combinant avec 210^{atm} à + 8°.

Ces nombres conduisent à une chaleur de formation (à partir de l'eau liquide) de $+14^{Cal},885$. C'est presque exactement la valeur trouvée pour l'hydrate de krypton : $+14^{Cal},712$.

Mais la courbe rencontrerait l'ordonnée 1^{atm} à une température plus basse que celle de l'hydrate de krypton, soit à 230°,8, soit à − 39°,2 C., ce qui donnerait à partir de l'eau solide + 7,014 et par suite + 7,871 pour la solidification des *n* molécules d'eau, résultat qui conduirait à $n = 5,50$.

L'analogie entre les deux gaz apparaît manifestement. Quant à la question de savoir si ces hydrates sont à 5 ou à $6H^2O$, elle ne me paraît pas pouvoir être résolue par cette méthode à cause du défaut de précision des lectures, surtout pour l'argon; ainsi il suffirait de prendre 205^{atm} (au lieu de 210^{atm}) à + 8° pour obtenir $5,14H^2O$ au lieu de 5,50 (1).

Il est peut-être plus utile de remarquer que si la tension de 760^{mm} correspond à peu près à 248°,2 abs. pour le krypton et 233°,8 pour l'argon (différence 14°,4), on a le droit de penser que le xénon, dont l'hydrate sera certainement plus stable, fournira environ 248°,2 + 14°,4, soit 262°,6, c'est-à-dire − 10°,4 C. La stabilité de l'hydrate de xénon serait donc plus grande que celle des hydrates de N^2O, de CO^2, presque comparable à celle des hydrates de H^2S, de Cl^2, de SO^2, etc., lesquels prennent naissance au-dessus de 0°C. sous la pression atmosphérique.

Et surtout ces résultats, en montrant que le cas de l'argon n'est pas exceptionnel, que tous ces gaz *rares* de l'atmosphère, réputés *avalents*, ne

(1) Au moment où la présente Note parvenait à l'Académie, je recevais à Montpellier le cahier des *Comptes rendus* du 22 janvier 1923 contenant un Mémoire de M. Bouzat sur les hydrates de gaz.

refusent pas de se combiner avec l'eau (composé d'ailleurs saturé), nous amènent à réfléchir à cette notion de valence, qui fut si féconde, mais qu'il faudra peut-être retoucher pour tenir compte des faits actuellement connus.

M. COSSERAT fait hommage à l'Académie du n° 1 du *Bulletin de l'Observatoire de Toulouse*.

COMMISSIONS.

MM. É. PICARD, G. BIGOURDAN, G. KŒNIGS, pour la Division des Sciences mathématiques; MM. A. LACROIX, E. HAUG, F. MESNIL, pour la Division des Sciences physiques, sont élus Membres de la Commission qui devra présenter une liste de candidats à la place d'Associé étranger vacante par le décès de M. *Schwendener*.

MM. E. BOUVIER et G. BIGOURDAN sont désignés pour représenter l'Académie à la Commission des bibliothèques et archives de l'Institut.

M. E. PICARD est délégué pour représenter l'Académie à la Commission des Beaux-Arts de l'Institut.

CORRESPONDANCE.

M. le Directeur de l'INSTITUT SUPÉRIEUR DE VACCINE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE adresse à l'Académie des remercîments pour le témoignage de sympathie donné à l'occasion de la célébration du centième anniversaire de la mort de *Jenner*.

M. G. SAGNAC prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de Physique générale, par le décès de M. *E. Bouty*.

M. le SECRÉTAIRE PERPÉTUEL signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Mémoires pour servir à l'explication de la Carte géologique détaillée de la France. Le Jura*, par EMM. DE MARGERIE. Première Partie : *Bibliographie*

sommaire du Jura français et suisse (*Orographie, tectonique et morphologie*), avec 6 planches. (Présenté par M. P. Termier.)

2° Les deux feuilles formant la *Carte de pêche complète de la mer du Nord*, établie par MM. De Vanssay et J. Charcot. (Présenté par M. L. Joubin.)

3° *The mineralogy of Pennsylvania*, by Samuel G. Gordon.

CINÉMATIQUE APPLIQUÉE. — *Sur la détermination grapho-mécanique des systèmes de solutions réelles ou imaginaires des équations algébriques.* Note de M. **J. Roudaire-Miégeville**, présentée par M. d'Ocagne.

1. M. Kempe a démontré, en 1875, que toute courbe algébrique

$$f(x, y) = 0$$

peut être décrite par le moyen d'un système articulé. M. Kœnigs a, le premier, démontré rigoureusement, en 1895, que toute courbe, surface ou mouvement algébriques, peuvent être ainsi décrits. Nous nous proposons d'indiquer sommairement ici le principe d'un système articulé différent de ceux de MM. Kempe et Kœnigs et visant le même objet.

K et L étant des longueurs arbitraires constantes, α et β des angles variables, si, dans une équation $f(x, y) = 0$, on pose

$$x = K\cos\alpha, \qquad y = L\sin\beta, \tag{1}$$

il vient

$$\Sigma A \sin(k\alpha + l\beta + \varphi) = 0, \tag{2}$$

où k et l sont des entiers, les coefficients A étant positifs, φ ayant l'une des valeurs 0, $\pm\frac{\pi}{2}$, ou π.

Si, de même, dans une fonction algébrique entière à coefficients réels $y = f(x)$, on pose

$$x = K\cos\alpha, \tag{3}$$

il vient

$$y = \Sigma A \sin(k\alpha + \varphi). \tag{4}$$

Enfin, si dans une fonction algébrique entière $y = f(x)$, à coefficients réels ou imaginaires, pour laquelle nous ne considérerons que les valeurs réelles de y correspondant à des valeurs réelles ou imaginaires de x, nous

posons

$$(5)\qquad x = \mathrm{K}(\cos\alpha + \sqrt{-1}\cos\beta) = a + b\sqrt{-1},$$

il vient

$$y = \Sigma\mathrm{A}\sin(k\alpha + l\beta + \varphi) + \sqrt{-1}\,\Sigma\mathrm{A}_1\sin(k_1\alpha + l_1\beta + \varphi_1)$$

ou, puisque y doit être réel,

$$(6)\qquad y = \Sigma\mathrm{A}\ \sin(k\ \alpha + l\ \beta + \varphi\ ),$$

$$(7)\qquad 0 = \Sigma\mathrm{A}_1\sin(k_1\alpha + l_1\beta + \varphi_1).$$

2. A l'aide des multiplicateurs, additionneurs ou soustracteurs d'angles de Kempe, on sait obtenir un angle $k\alpha + l\beta + \varphi$. Deux tiges articulées permettront alors d'obtenir la somme de deux longueurs de la forme

$$\mathrm{A}\sin(k\alpha + l\beta + \varphi),$$

lorsque cette longueur ne sera pas constamment nulle et, de même, cinq tiges articulées nous fourniront la demi-somme de deux longueurs de la forme précédemment obtenue.

Par le moyen de onze tiges articulées comportant un translateur de Kempe et un système articulé de Hart, nous pouvons faire en sorte qu'un point P, d'ordonnée variable arbitraire, ait constamment même abscisse qu'un point M mobile sur une courbe donnée. Et, au moyen d'un second système semblable, nous ferons en sorte que ce point P ait aussi même ordonnée qu'un point N mobile sur une autre courbe.

Si nous faisons décrire au point fournissant mécaniquement le premier membre de (2) la droite $y = 0$, nous aurons pour α et β des valeurs correspondant à une solution. Or, nous savons obtenir deux points $\mathrm{M}(x, y_1)$ et $\mathrm{N}(x_2, y)$ tels que

$$x = \mathrm{K}\cos\alpha, \qquad y_1 = \mathrm{K}\sin\alpha; \qquad x_2 = \mathrm{L}\cos\beta, \qquad y = \mathrm{L}\sin\beta;$$

donc nous saurons obtenir $\mathrm{P}(x, y)$ situé sur une courbe $f(x, y) = 0$.

De même, sachant obtenir mécaniquement deux points $\mathrm{M}(x, y_1)$ et $\mathrm{N}(x_2, y)$ tels que

$$x = \mathrm{K}\cos\alpha, \qquad y_1 = \mathrm{K}\sin\alpha; \qquad x_2 = \Sigma\mathrm{A}\cos(k\alpha + \varphi), \qquad y = \Sigma\mathrm{A}\sin(k\alpha + \varphi),$$

nous saurons trouver un point $\mathrm{P}(x, y)$ situé sur $y = f(x)$.

Enfin, si nous faisons décrire au point fournissant mécaniquement le second membre de (7) la droite $y = 0$, nous obtiendrons pour α et β des valeurs qui, transportées dans le système mécanique fournissant le second

membre de (6), donneront un point $N(x_2, y)$ qui décrira une courbe répondant à (6) et (7) et deux points $M_1(x', y_1)$ et $M_2(x'', y_2)$ tels que

$$x' = K\cos\alpha = a, \qquad y_1 = K\sin\alpha; \qquad x'' = K\cos\beta = b, \qquad y_2 = K\sin\beta.$$

Donc nous saurons obtenir deux points $P_1(x', y)$ et $P_2(x'', y)$ qui fourniront respectivement les valeurs de a et b à porter dans (5) répondant à une valeur quelconque y, portée en ordonnée, et telle que $y = f(x)$.

Les appareils ci-dessus indiqués fournissent donc, l'un les racines réelles d'une équation à coefficients réels, l'autre à la fois les racines réelles et imaginaires d'une équation à coefficients réels ou imaginaires.

3. Les mêmes principes permettent d'obtenir, grapho-mécaniquement sur un plan, des systèmes de solutions réelles ou imaginaires dans le cas d'un nombre quelconque d'équations algébriques.

A l'aide d'un système articulé ne comportant que des articulations planes, nous pouvons étendre la même méthode au cas de l'espace; et nous obtenons ainsi, comme cas particulier, lorsque les variables sont réelles, la possibilité théorique de la description mécanique, dans l'espace à n dimensions, des surfaces et des courbes algébriques.

L'application de la méthode qui vient d'être résumée, et que nous nous proposons d'exposer prochainement en détail, permet de résoudre des équations algébriques des 19e et 30e degrés avec un nombre de tiges respectivement inférieur ou égal à celui qu'exige la résolution mécanique des équations des 3e et 4e degrés par la méthode de Kempe. En outre, nous avons indiqué comment l'on pouvait obtenir les racines imaginaires. On peut, d'autre part, décrire toutes les courbes dont les équations sont données sous forme explicite trigonométrique directe. Les calculs sont toujours plus simples.

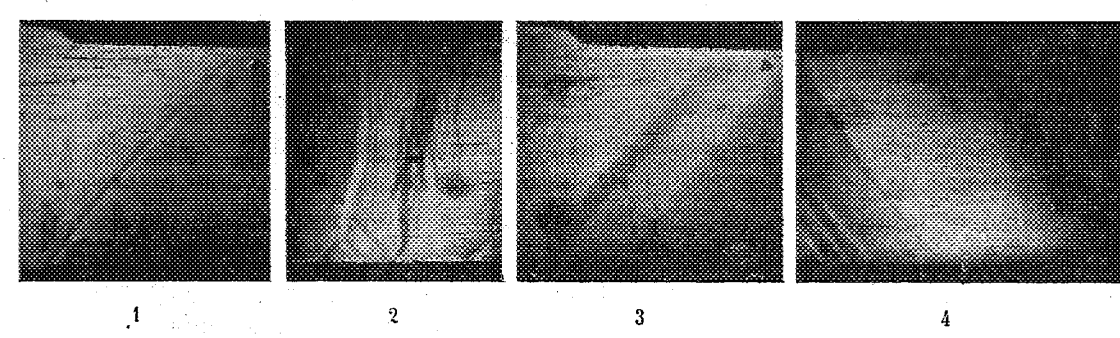
MÉTALLURGIE. — *Cause de la formation du palier dans l'essai de traction des aciers doux.* Note de M. CHARLES FREMONT, présentée par M. L. Lecornu.

Dans les essais de traction des aciers doux, au moment où la limite d'élasticité est atteinte, on constate qu'un arrêt et, parfois, une chute brusque de l'effort se produisent, alors que l'allongement permanent de l'éprouvette se continue; le diagramme enregistré présente alors un crochet, puis, à la suite, un palier, parallèle à la ligne des abscisses, indiquant ainsi la constance de l'effort de traction pendant cet allongement :

Ces phénomènes de la chute de l'effort et de la production du palier ont une apparence paradoxale, car on sait que dès qu'un métal subit une déformation permanente il s'écrouit, sa nouvelle limite d'élasticité est plus élevée que sa limite d'élasticité initiale, et, sous l'effort de traction, l'allongement se continuant, le métal augmente de résistance et sa limite d'élasticité va croissant pour atteindre cette résistance.

Or, dans l'essai de l'acier doux, au lieu d'augmenter de résistance, une fois la limite d'élasticité atteinte, il y a, comme il vient d'être dit, une diminution brusque de résistance et, ensuite, la nouvelle résistance reste *constante*, pendant toute la longueur du palier, au lieu d'augmenter graduellement par suite d'écrouissage du métal.

Pour me renseigner sur le mode de déformation de l'acier doux, j'ai préparé une éprouvette plate, *bien polie*, de 200^{mm} de longueur utile; cette éprouvette, soumise à l'essai de traction, a présenté, aussitôt la limite d'élasticité atteinte, *deux déformations permanentes locales*, une à chaque extrémité de la partie utile.



1 2 3 4

Fig. 1 et 2. — Premières déformations permanentes apparues aux deux extrémités d'une éprouvette plate de traction, en acier doux poli.

Fig. 3. — Agrandissement de la déformation de la figure 1, après un nouveau et léger allongement de l'éprouvette.

Fig. 4. — Partie restée non déformée entre les deux nappes de déformations graduées.

La figure 1 est la photographie d'une de ces deux déformations, c'est une ligne de Piobert, ligne un peu courbe dirigée obliquement, d'un angle d'environ 45°, sur l'axe longitudinal de l'éprouvette; cette ligne, par suite d'un jeu de lumière, apparaît double : noire à gauche et blanche à droite.

La figure 2 montre l'autre déformation permanente, elle est constituée par un faisceau de lignes de Piobert, plus ou moins sinueuses, partant d'un bord de l'éprouvette et dirigé à peu près transversalement vers l'autre bord.

L'éprouvette étant, à nouveau, soumise à la traction, a montré comment se sont continuées les déformations. La ligne courbe, de la figure 1, s'est élargie des *deux côtés* à la fois, formant ainsi deux nappes continues, ainsi qu'on le voit sur la figure 3; des taches superficielles, pouvant être utilisées comme points de repères,

permettent de constater l'élargissement, à gauche de la ligne noire et à droite de la ligne blanche.

La seconde déformation permanente, à l'autre extrémité de l'éprouvette, s'est, de même, élargie sous la forme d'une nappe plus ou moins régulière.

Le diagramme enregistré a tracé un palier correspondant à ce léger allongement de l'éprouvette.

Continuant l'effort de traction, j'ai pu constater la continuation du même phénomène, les deux nappes nées des deux déformations initiales ont continué à se prolonger de proche en proche, avançant l'une vers l'autre. J'ai suspendu l'opération quand les deux nappes n'étaient plus distantes que de 25^{mm}; et la figure 4 montre cette partie non déformée, limitée par les deux nappes de la déformation permanente.

Le diagramme de cet essai partiel de traction est un palier, l'effort est donc resté constant; l'allongement permanent alors acquis est de 6^{mm},5. Cette expérience démontre que dans l'essai de traction d'un acier doux, la déformation permanente, aussitôt la limite d'élasticité atteinte, n'est pas répartie également sur toute la longueur de l'éprouvette, comme on l'admet généralement, mais au contraire *localisée*, pour s'étendre ensuite par la propagation graduée et continue d'une nappe et sous un effort constant; l'effort ne commençant à croître à nouveau que lorsque la nappe a couvert toute la longueur de l'éprouvette.

Pour compléter l'explication du phénomène il faut se rappeler qu'il existe, pour les métaux, quand ils atteignent leur limite d'élasticité, deux types de déformation permanente, ainsi que je l'ai signalé dans une Note présentée à l'Académie le 4 août 1902. Il y a la déformation permanente *graduée* qui est très faible et augmente lentement, tandis que l'écrouissage correspondant du métal croît rapidement, ainsi que l'indiquent les diagrammes; et il y a la déformation *brusque* qui, au contraire de la précédente, est très grande, même dès le début, et dont l'écrouissage correspondant est relativement faible. Ainsi dans l'expérience ci-dessus rapportée, le moindre allongement est, dès le début, de 3,5 pour 100; aussi constate-t-on, dès ce début, un rétrécissement de l'éprouvette, pour une largeur d'environ 20^{mm}, le rétrécissement a été d'environ 0^{mm},6. C'est cette importance du volume de la déformation brusque initiale qui est la cause de la formation du palier, comme nous allons le montrer.

Si nous considérons, sur une éprouvette de traction, la portion CCDD (*fig.* 5), sur laquelle, à la limite d'élasticité, est apparue la ligne de Piobert, AB; comme conséquence de l'allongement brusque, qui, d'après l'essai précédent, a été de 3,5 pour 100, il y a un rétrécissement sensible de la largeur de l'éprouvette qui est devenue AB, dans la partie déformée d'nne manière permanente, tandis que la largeur est CD dans la partie non déformée.

Les deux zones E, F, intermédiaires, ne sont pas déformées d'une manière permanente puisqu'elles sont restées polies, mais elles sont déformées *élastiquement* et ces deux zones, de ce fait, subissent ainsi une tension intérieure allant en diminuant de la partie déformée AB à la partie non déformée CD.

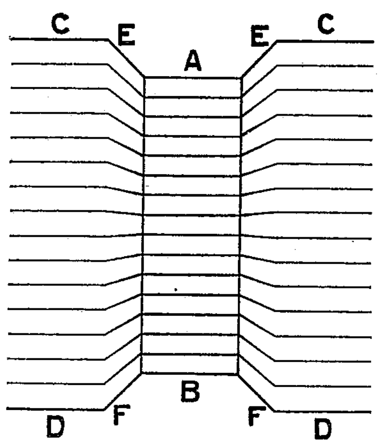


Fig. 5. — Schéma montrant l'influence d'une déformation permanente locale sur les zones latérales qu'elle déforme élastiquement.

Pour déformer d'nne manière permanente ces deux zones, il faudra donc un effort moindre que celui qui a été nécessaire pour produire la déformation permanente initiale AB; c'est là la cause de la chute de l'effort et, comme la déformation permanente se continue de proche en proche, toujours dans ces mêmes conditions de tension élastique, maximum près de la partie déjà déformée, l'effort continu pour poursuivre la déformation en nappe reste moindre que celui qui a été nécessaire pour produire la déformatiod initiale AB; c'est le palier.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur la cause probable de la lueur anti-solaire.* Note de M. **Th. Moreux**, présentée par M. B. Baillaud.

On sait qu'en certaines circonstances favorables on peut apercevoir, la nuit par un ciel pur, une tache elliptique de 10° ou 20° d'étendue, faiblement illuminée et occupant, sur la voûte céleste, une région toujours opposée au Soleil : c'est la *lueur anti-solaire* ou *gegenschein*.

Cette lueur a été signalée indépendamment par Brorsen (1855), Backhouse (1868) et Barnard (1875). J'ai pu l'apercevoir quelques fois au cours

d'observations faites en pleine campagne; son intensité est beaucoup plus faible que celle de la *lumière zodiacale* en nos régions.

Différentes hypothèses ont été émises pour expliquer ce phénomène; la plus intéressante est due à Gyldèn qui l'a formulée dans son Mémoire : *Sur un cas particulier du problème des trois corps* (1). L'auteur y démontre tout d'abord que si l'on plaçait une particule, tel un météore de masse négligeable, sur le prolongement d'un vecteur joignant le Soleil à la Terre et à 1500000^{km} environ du centre de notre planète, donc derrière elle par rapport au Soleil, cette particule resterait dans cette position et tournerait autour de l'astre central dans le même temps que la Terre.

Cet état d'équilibre cesserait pour une position, même très rapprochée de cette sorte de « point neutre », mais il y a deux exceptions à cette règle générale : la première se présente dans le cas où la petite masse, située au point neutre, se déplacerait sur une droite perpendiculaire au plan de notre orbite; elle exécuterait alors une oscillation dont la période serait de 183 jours; si la particule était déplacée latéralement, tout en restant dans le plan de l'écliptique, elle décrirait une petite ellipse très excentrée en une période de 177 jours. L'orbite, dans ce dernier cas, centrée sur le point neutre, serait assez instable et la moindre perturbation en déplacerait le centre; au bout d'un certain nombre de révolutions, la particule ne tarderait pas à s'éloigner en décrivant une trajectoire parabolique ou hyperbolique.

Si maintenant, avec Gyldén, nous imaginons qu'il existe, au delà de notre orbite, une circulation intense de météores analogues à ceux qui constituent la lumière zodiacale, on peut légitimement supposer qu'il s'en trouvera toujours un grand nombre susceptibles de passer par ce point neutre où ils seront relativement immobilisés pour un temps. La procession ininterrompue des particules sera donc suffisante pour assurer la persistance d'un nuage cosmique en cette région.

D'autre part, la longueur maxima du cône d'ombre de la Terre n'excédant jamais 1400000^{km}, les particules du nuage en question ne peuvent cesser d'être illuminées, ce qui expliquerait la persistance de la lueur anti-solaire.

Cette théorie, la meilleure à mon avis qu'on ait donnée du phénomène, n'est cependant pas à l'abri de toute objection. Elle suppose en effet un nombre considérable de météores pour alimenter sans cesse le nuage illuminé. Or l'existence d'un nombre aussi élevé de météores est tout au moins

(1) Cf. *Bulletin astronomique*, vol. I.

fort problématique. Nous avons bien quelque raison de croire que la lumière zodiacale se continue au delà de la Terre, mais, d'autre part, mes propres observations tendent à montrer que le grand axe de la lumière zodiacale est approximativement dans le prolongement de l'équateur du Soleil et incliné de 5° à peu près sur l'écliptique (1); la Terre circulerait donc la plus grande partie de l'année en dehors de la portion la plus dense de la lumière zodiacale.

En outre, bien que les différences de vitesses orbitales entre la Terre et des particules situées à 1500 000^{km} au delà de notre orbite soient faibles, il est difficile d'admettre, ainsi que je l'ai montré récemment (2), qu'en l'absence de milieu fortement résistant, le cas d'une capture directe soit possible, aucune particule ne pouvant aborder le point neutre sans une grande vitesse propre relative.

Ces objections capitales disparaîtraient si l'on pouvait montrer que le nuage cosmique constituant la lueur anti-solaire est, non alimenté par les régions extérieures à notre orbite, mais se forme aux dépens de substances émanées de notre propre globe.

Or cette dernière hypothèse acquiert une haute vraisemblance si nous considérons les effets de la pression de radiation sur notre atmosphère. Évidemment, ces effets s'annulent dans les couches basses à forte densité relative, mais aux grandes altitudes, nous avons un milieu extrêmement raréfié où la pression de radiation peut, comme dans les enveloppes cométaires, exercer son plein effet.

A l'aide de la formule classique employée pour calculer la longueur du cône d'ombre de la Terre, il est facile d'évaluer à quelle hauteur les tangentes menées du point neutre au Soleil traversent l'atmosphère terrestre.

En admettant pour le rayon moyen de la Terre, 6871^{km}; pour rayon du Soleil, 109 fois ce dernier, et pour parallaxe horizontale de cet astre, la valeur de 8″,805 d'après les déterminations récentes, je suis arrivé à cette conclusion qu'à la distance moyenne de la Terre au Soleil, les particules atmosphériques situées à 510^{km} au-dessus du niveau de la mer, région où se produisent les lueurs aurorales, après avoir subi l'effet de la pression de radiation due au Soleil, décrivent les génératrices d'un cône creux dont le sommet est exactement au point indiqué par Gyldèn.

Si mon hypothèse est exacte, on en pourrait déduire qu'à l'instar des

(1) Th. Moreux, *Origine et formation des Mondes*, Chap. VIII, n° 99.
(2) *Op. j. cit.*, Chap. IX, n°s 102 et suiv.

comètes, les planètes doivent posséder une sorte de queue extrêmement ténue en forme de cône creux et formée de gaz très raréfiés.

Une autre conséquence serait la suivante : disparition graduelle de l'atmosphère qui, au début, entoure chaque planète; ainsi s'expliquerait le fait que des planètes à évolution rapide, comme Mars, ou proches du Soleil, comme Mercure, possèdent des atmosphères très raréfiées ou même nulles. La plupart des satellites sont actuellement dans ce cas et l'on peut légitimement inférer dans la circonstance qu'elles ont dû perdre très vite leur enveloppe gazeuse au moment où leur primaire était à l'état incandescent. Lorsque la Terre, en particulier, brillait d'un éclat propre, la pression de radiation de la part d'un globe si proche de la Lune, donc de très grand diamètre apparent, a dû produire des effets d'une extraordinaire intensité sur l'atmosphère de notre satellite et a dû très rapidement en disperser les molécules : telle serait la cause la plus vraisemblable d'un fait certain, qui n'a reçu jusqu'à ce jour aucune explication plausible.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur les champs massique et électromagnétique de M. Th. De Donder.* Note (1) de M. **A. Buhl**, présentée par M. P. Appell.

Je reviens ici sur la liaison existant, dans les théories einsteiniennes, entre la Mécanique classique et l'Électromagnétisme. Comme cette liaison est le nœud fondamental des théories en question, ce qui suit ne saurait être très original au fond, mais je crois néanmoins apporter des formules nouvelles exprimant des symétries tensorielles en ayant simplement recours à des déterminants. Je resterai aussi près que possible des notations de la Mécanique classique.

En partant de

$$ds^2 = \sum\sum g_{\alpha\beta}\, dx_\alpha\, dx_\beta$$

ou de

$$\text{(1)} \qquad W^2 = 1 = \sum\sum g_{\alpha\beta}\, u^\alpha u^\beta$$

on peut conclure

$$\delta \int\!\!\int\!\!\int\!\!\int \frac{\mu}{2}(W^2 - 1)\, dx_1\, dx_2\, dx_3\, dx_4 = 0$$

et définir la *fonction caractéristique* Λ_m *du champ massique* par

$$\text{(2)} \qquad 2\Lambda_m \sqrt{-g} = \mu W^2.$$

(1) Séance du 29 janvier 1923.

Pour plus de détails, on se reportera à la *Gravifique einsteinienne* de M. Th. De Donder et plus particulièrement à la page 42 de ce bel Ouvrage.

Or, au lieu de (1), on peut aussi bien écrire

$$(3)\qquad W^2 = -\frac{1}{g}\begin{vmatrix} & & & & u_1 \\ & & g & & u_2 \\ & & & & u_3 \\ & & & & u_4 \\ u_1 & u_2 & u_3 & u_4 & 0 \end{vmatrix} = \sum\sum g^{\alpha\beta} u_\alpha u_\beta.$$

Dans le langage einsteinien c'est substituer, aux variables contrevariantes u^i, les variables covariantes u_i; dans le langage classique, c'est remplacer la forme quadratique (1) par la forme adjointe et des variables lagrangiennes par des variables hamiltoniennes (P. Appell, *Traité de Mécanique*, t. 1, 3[e] édition, p. 553).

On observera que, dans (3), la bordure du g donne les facteurs $\frac{u_\alpha u_\beta}{g}$ qui sont d'ordre -2 par rapport aux potentiels gravifiques g_{ij}.

Considérons maintenant l'expression

$$(4)\qquad 8\Lambda_e\sqrt{-g} = -\frac{1}{\sqrt{-g}}\begin{vmatrix} & & & & M_1 & 1 \\ & & g & & M_2 & 2 \\ & & & & M_3 & 3 \\ & & & & M_4 & 4 \\ M_1 & M_2 & M_3 & M_4 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

qui devra définir la *fonction caractéristique* Λ_e *du champ électromagnétique*. Alors Λ_e est plus complexe que Λ_m, mais a une structure analytique absolument comparable. Ainsi les mineurs

$$\begin{vmatrix} M_i & M_j \\ i & j \end{vmatrix} = M_{ij} - M_{ji} = 2M_{ij}$$

donnent, dans le second membre de (4), un facteur 4 qui réduira à 2 le 8 du premier membre. De plus, les M_{ij} ne contenant pas les g_{ij}, la bordure de g, définie comme en (3), donne des facteurs qui sont encore d'ordre -2 par rapport aux g_{ij}.

On peut condenser (4) en

$$(5)\qquad 8\Lambda_e\sqrt{-g} = \begin{vmatrix} M_1 & M_2 & M_3 & M_4 \\ 1 & 2 & 3 & 4 \\ M_1^* & M_2^* & M_3^* & M_4^* \\ 1 & 2 & 3 & 4 \end{vmatrix}$$

d'où, précisément par identification, l'expression des M_{ij}^* par les M_{ij}.

Admettons maintenant l'existence de potentiels électromagnétiques Φ_i tels que

(6) $$M_{ij}^{*} = \frac{\partial \Phi_i}{\partial x_j} - \frac{\partial \Phi_j}{\partial x_i}.$$

Alors (5) devient

(7) $$-4\Lambda_e\sqrt{-g} = \begin{array}{r} \\ + \\ \\ \\ + \end{array}\left| \begin{array}{cccc} M_1 & M_2 & M_3 & M_4 \\ 1 & 2 & 3 & 4 \\ \dfrac{\partial}{\partial x_1} & \dfrac{\partial}{\partial x_2} & \dfrac{\partial}{\partial x_3} & \dfrac{\partial}{\partial x_4} \\ \Phi_1 & \Phi_2 & \Phi_3 & \Phi_4 \end{array} \right|,$$

les deux + n'ayant d'abord aucune signification complémentaire.

S'en tenir là, c'est retrouver, avec un appareil analytique différent, la fonction Λ_e de M. De Donder puis aussi une contradiction signalée (*Gravifique einsteinienne*, Chap. V) et levée ensuite par l'éminent géomètre et physicien belge (*Premiers Compléments de la Gravifique*, § 1).

La fonction Λ_e définitive peut toujours être considérée comme définie ici par (7), mais le second membre de cette équation doit alors être considéré comme étant *la somme* de deux déterminants *d'écriture absolument identique*. Le premier se développe en partant des mineurs $2M_{ij}$ à extraire d'abord des deux premières lignes; le second en partant des Φ_i de la dernière ligne. C'est cette dualité de développements qui est indiquée par les deux signes +. Si l'on procède ainsi on constate sans peine que (7) coïncide avec la formule initiale des *Premiers Compléments* (avec $W = 1$).

Remarque absolument essentielle, des deux déterminants de (7) le premier n'a été construit qu'en vertu des relations (6) qui reviennent au *second groupe* des équations de Maxwell-Lorentz. Le second déterminant met en évidence, par les mineurs des Φ_i, la structure du *premier groupe* des mêmes équations. On voit donc qu'en partant d'un ds^2 quelconque, du champ massique et des équations canoniques qui y sont attachés, on peut, par voie de généralisation, construire le champ électromagnétique général dans lequel *la forme* des équations de Maxwell-Lorentz est imposée. Une fois de plus, ces dernières équations n'apparaissent point comme ayant leur origine dans les phénomènes (H. Weyl, *Temps*, *Espace*, *Matière*, trad. G. Juvet et R. Leroy, p. 259).

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la Géométrie tensorielle.* Note de M. **Paul Dienes**, présentée par M. J. Hadamard.

1. Dans une Note précédente (¹), nous avons montré qu'on doit modifier considérablement la structure de la géométrie tensorielle, afin d'y trouver place pour les forces électromagnétiques. La difficulté principale était l'équation

$$\frac{\mathrm{D}g_{\mu\nu}}{\mathrm{D}x^{\alpha}} = \frac{\partial g_{\mu\nu}}{\partial x^{\alpha}} - \Gamma^{s}_{\mu\alpha}\, g_{s\nu} - \Gamma^{s}_{\nu\alpha}\, g_{\mu s} = 0, \tag{1}$$

qui détermine la métrique par le déplacement et inversement si l'on admet, toutefois, que $\Gamma^{s}_{\mu\alpha} = \Gamma^{s}_{\alpha\mu}$. Cette dernière hypothèse est admise par tous les auteurs et MM. Weyl, Eddington et récemment M. Einstein invoquent des arguments assez convaincants en faveur de cette supposition. De cette façon, le tenseur $g_{\mu\nu}$, c'est-à-dire la gravitation, détermine déjà complètement la géométrie. Il n'y a plus de place pour les autres forces.

Il s'agit donc de nous débarrasser de (1). Mais cette équation est impliquée également par deux conditions bien distinctes :

1° $\delta f = 0$, le déplacement d'un tenseur d'ordre zéro (en particulier celui des longueurs) est nul;

2° $g_{\mu\nu}$ et δ^{μ}_{ν} sont les composantes covariantes et mixtes du même tenseur.

Essayons de nous affranchir de $\delta f = 0$ et définissons à cet effet, à l'analogie de la connexion métrique de M. Weyl, la connexion scalaire, c'est-à-dire le déplacement des tenseurs d'ordre zéro par l'équation $\delta f = f\varphi_i dx^i$. Si l'on applique cette règle au produit de deux fonctions, on voit que

$$\delta f_1 f_2 + f_1 \delta f_2 = 2\,\delta(f_1 f_2).$$

La règle $\delta(f_1 f_2) = \delta f_1 f_2 + f_1 \delta f_2$ *est en défaut.*

2. Il est donc important de remarquer qu'*on peut se débarrasser* de (1) sans renoncer à $\delta f = 0$. Considérons, en effet, le tenseur déplacé $\mathrm{A}^{\mu} + \delta \mathrm{A}^{\mu}$. Comme il est attaché au point $p_1(x^i + dx^i)$, sa longueur doit être mesurée à l'aide des paramètres $g_{\mu\nu}(p_1) = g_{\mu\nu} + dg_{\mu\nu}$. On obtient ainsi

$$|\mathrm{A}^i|^2(p_1) = (g_{\mu\nu} + dg_{\mu\nu})(\mathrm{A}^{\mu} + \delta\mathrm{A}^{\mu})(\mathrm{A}^{\nu} + \delta\mathrm{A}^{\nu}) = |\mathrm{A}^i|^2(p) + \mathrm{A}^{\mu}\mathrm{A}^{\nu}\frac{\mathrm{D}g_{\mu\nu}}{\mathrm{D}x^{\alpha}}\,dx^{\alpha}, \tag{2}$$

ce qui conduit à (1) si l'on admet $\delta f = 0$.

Imaginons, cependant, que le tenseur A^i, en se rendant de p à p_1, ne se

(¹) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 238. Je me tiens aux notations de cette Note.

soucie pas de la métrique en p_1 mais prend les étalons de mesure avec soi et se mesure en chaque point par les étalons transportés. C'est-à-dire, imaginons que le déplacement de A^i est accompagné par le déplacement du tenseur d'ordre $2 g_{\mu\nu}$ qui détermine la mensuration. (Le déplacement d'un pareil tenseur est défini dans la Note citée.) De cette façon, au lieu de (2), nous obtiendrons cette fois, par un calcul analogue, *l'identité*

$$(3) \qquad |A^i|^2(p_1) = (g_{\mu\nu} + \delta g_{\mu\nu})(A^\mu + \delta A^\mu)(A^\nu + \delta A^\nu) = |A^i|^2(p).$$

C'est-à-dire, *la condition* $\delta l = 0$ *est remplie sans que nous ayons recours à* (1).

La métrique proposée est multiforme. En effet, le point p a sa métrique à lui déterminée par $g_{\mu\nu}(p)$. Mais un tenseur arrivant à p de p_1 se servira à p de sa propre métrique transportée de p_1. Par conséquent, les tenseurs attachés à p seront mesurés par des métriques différentes déterminées par leurs lieux d'origine.

La géométrie ainsi formée n'est plus riemannienne. En effet, le réseau des relations entre les points de la multiplicité mathématique à n dimensions est constitué, en premier lieu, par le déplacement et non pas par la métrique. Le tenseur de Riemann-Christoffel étant défini uniquement par le déplacement, on obtient ainsi un espace cinématique *amétrique* (1) avec une théorie de la courbure de ses sous-espaces. C'est à cet espace cinématique que chaque point impose sa métrique particulière.

3. Voici une conséquence importante de cette conception. Si l'on renonce à identifier des tenseurs d'espèces différentes et si l'on accepte la métrique relativiste proposée par nous (fondée sur le caractère tensoriel de $g_{\mu\nu}$ et sur le déplacement des tenseurs d'ordre supérieur), *on obtient un calcul tensoriel avec deux suites bien distinctes de paramètres* $g_{\mu\nu}$ *et* $\Gamma^\mu_{s\alpha}$. La loi de transformation des $\Gamma^\mu_{s\alpha}$ montre que la différence $\Gamma^\mu_{s\alpha} - \left\{ {s\alpha \atop \mu} \right\} = E^\mu_{s\alpha}$ est un tenseur. Avec quelques modifications *on peut ainsi refaire la théorie électromagnétique de M. Eddington* (2).

Voici la modification la plus importante à faire. M. Eddington propose pour le déplacement d'un tenseur covariant une règle qui est en contradiction avec la règle admise généralement. Il pose, en effet,

$$\delta(A_\mu A^\mu) = 2 A_\mu \delta A^\mu \neq 0,$$

(1) Voir à ce sujet P. Dienes, *Sur le déplacement des tenseurs* (*Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 209).

(2) A. S. Eddington, *A generalisation of Weyl's theory...* (*Pr. R. S.*, A., vol. 99, 1922, p. 114).

ce qui conduit à

$$(4) \qquad \partial A_\mu = -\Gamma^s_{\mu\alpha} A_s \, dx^\alpha.$$

C'est le signe — qui est nouveau et c'est pourquoi, d'après le n° 3 de notre Note citée, nous ne pouvons pas accepter cette règle.

On pourrait, toutefois, essayer de sauver (4) en acceptant de séparer la dérivation du déplacement et posant

$$\partial A^\mu = -\gamma^\mu_{s\alpha} A^s dx^\alpha, \qquad \partial A_\mu = \gamma^s_{\mu\alpha} A \, dx^\alpha.$$

Il est, cependant impossible d'ignorer complètement (1), et l'hypothèse bien naturelle que le déplacement d'un tenseur d'ordre o est déterminé par ce tenseur et par des paramètres cinétiques contredit déjà (4). De même, le déplacement des tenseurs d'ordre supérieur exclut (4) par le fait indiscutable que la contraction conduit à un tenseur. Le déplacement covariant de M. Eddington rend donc impossible la construction systématique de la cinématique tensorielle, même quand on admet trois sortes de paramètres bien distincts.

Si l'on écarte, cependant, cette partie peu heureuse de sa théorie, la métrique proposée par nous permet de nous servir de l'idée excellente de M. Eddington d'expliquer les phénomènes électromagnétiques par la différence $\Gamma^\mu_{s\alpha} - \left\{ \begin{matrix} s\alpha \\ \mu \end{matrix} \right\}$.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la répartition des molécules d'une masse gazeuse; application à la formule de Van der Waals.* Note [1] de M. J. **Haag**, présentée par M. Émile Borel.

1. Considérons une masse gazeuse, comprenant N molécules sphériques et identiques, incluse dans un récipient de volume V; et proposons-nous de calculer la probabilité P_n pour qu'il y ait n molécules dans un volume donné v, arbitrairement choisi dans V.

Lorsque les molécules sont infiniment petites, la question est très simple. La probabilité cherchée est $e^{-X}\frac{X^n}{n!}$, X étant la valeur probable du nombre de molécules contenues dans v [2].

---

[1] Séance du 29 janvier 1923.

[2] Borel, *Introduction géométrique à quelques théories physiques*, Note V.

Je vais résumer, dans ce qui suit, les résultats que j'ai obtenus dans le cas où l'*on tient compte des dimensions des molécules*.

Chacune est supposée entourée d'une *sphère protectrice*, de volume ϖ, à l'intérieur de laquelle le centre de toute autre molécule ne saurait pénétrer. Par contre, en dehors des sphères protectrices, le centre d'une molécule quelconque peut occuper n'importe quelle position, avec une probabilité que je suppose uniforme.

2. Examinons d'abord le *cas où le volume v est infiniment petit*. On a évidemment $P_n = 0$, si $n \geqq 2$ et $P_0 = 1 - P_1$. Il suffit donc de calculer P_1.

Appelons *couche protectrice* le volume compris entre la paroi et la surface parallèle menée à la distance $\frac{R}{2}$, R étant le rayon des sphères de protection. Considérons la sphère de rayon R et dont le centre est un point O de v. Soit $\theta\varpi$ le volume de la partie de cette sphère qui est extérieure à la couche protectrice. Posons enfin $\frac{N\varpi}{V} = z$. Si l'on néglige les puissances de z supérieures à la première, on a

$$P = \frac{Nv}{V}[1 + (1 - \theta)z]. \tag{1}$$

En deuxième approximation, c'est-à-dire en négligeant seulement les puissances de z supérieures à la seconde, on a

$$P = \frac{Nv}{V}\left[1 + (1 - \theta)z + \left(\frac{47}{64} - 2\theta + \theta\theta' + k\right)z^2\right]. \tag{2}$$

Dans cette formule, θ' est un coefficient facile à calculer en fonction de la distance h de O à la couche protectrice. Quant à k, il est donné par la formule

$$k = \frac{1}{8} - \frac{9I}{32\pi^2}, \qquad I = \int dx\,dy\,dz\,dx'\,dy'\,dz', \tag{3}$$

le champ d'intégration de I étant défini par les inégalités

$$x^2 + y^2 + z^2 < 1, \quad x'^2 + y'^2 + z'^2 < 1, \quad (x - x')^2 + (y - y')^2 + (z - z')^2 < 1,$$
$$z > -\frac{h}{R}, \quad z' > -\frac{h}{R}.$$

Lorsque $h > R$, on trouve facilement $k = \frac{17}{64}$. Lorsque $h = 0$, un calcul assez pénible donne $k = \frac{3}{64}$. Dans les cas intermédiaires, k est une fonction croissante de h, que je n'ai pu arriver à calculer explicitement.

3. Quand on établit la formule de Van der Waals par la méthode élémentaire des chocs, on a besoin de connaître la valeur de P pour $h = 0$. Si l'on adopte la valeur (1), on aboutit à l'équation classique, au second ordre près en z. Si l'on prend, au contraire, la formule (2), en y faisant $\theta = \frac{1}{2}$, $\theta' = \frac{3}{4}$, $k = \frac{3}{64}$, on aboutit à l'équation suivante :

$$\left(p + \frac{a}{V^2}\right) V = NRT\left(1 + \frac{z}{2} + \frac{5}{32} z^2\right).$$

Si l'on pose $z = \frac{2b}{V}$, ceci n'est autre que l'équation établie par Boltzmann, par la méthode du viriel [1].

Si l'on voulait pousser plus loin l'approximation, il faudrait commencer par calculer k en fonction de h et faire ensuite beaucoup d'autres calculs. La méthode des chocs devient inextricable.

4. Revenons à la probabilité P_n, en supposant le volume v fini. Au second ordre près, en z, on a

$$P_n = C_N^n \frac{v(v-w)(v-2w)\ldots[v-(n-1)w](V-v)(V-v-w)\ldots[V-v-(N-n-1)w]}{V(V-w)(V-2w)\ldots[V-(N-1)w]}.$$

On pourrait, sans trop de peine, pousser l'approximation jusqu'au second ordre; mais la première approximation m'a paru suffisante pour donner une idée de l'influence de la grosseur des molécules. Si l'on pose

$$\frac{v}{V} = \alpha, \qquad p = 1 - \alpha, \qquad n = N\alpha + t,$$

on peut écrire

$$P_n = \frac{1}{\sqrt{2\pi N\alpha\beta}} e^{-\frac{t^2(1+z)}{2N\alpha\beta} + \frac{z}{2}}.$$

On en déduit que *les écarts t obéissent à la loi de Gauss avec un écart unitaire égal à* $\frac{\sqrt{2N\alpha\beta}}{\sqrt{1+z}}$.

Si le récipient est infini vis-à-vis de v, autrement dit si V et N augmentent indéfiniment, le rapport $\frac{N}{V} = \rho$ restant fixe et égal à la densité moléculaire, on a, en posant $\rho v = X$,

$$P_n = e^{-X} \frac{X^n}{n!} e^{\frac{w}{2v}[n-(n-X)^2]}.$$

(1) BOLTZMANN, *Leçons sur la théorie des gaz*, traduction Gallotti et Bénard, t. 2, p. 147.

La seconde exponentielle constitue le facteur correctif par lequel il faut multiplier la formule classique pour tenir compte de la grosseur des molécules. Si n est très grand, l'écart $n - X$ obéit encore à la loi de Gauss, avec un écart unitaire $\frac{\sqrt{2X}}{\sqrt{1+z}}$, z étant le produit $\rho\varpi$.

MÉTROLOGIE. — *Étude de quelques radiations du néon en vue de leurs applications à la métrologie.* Note de M. **Albert Pérard**, présentée par M. J. Violle.

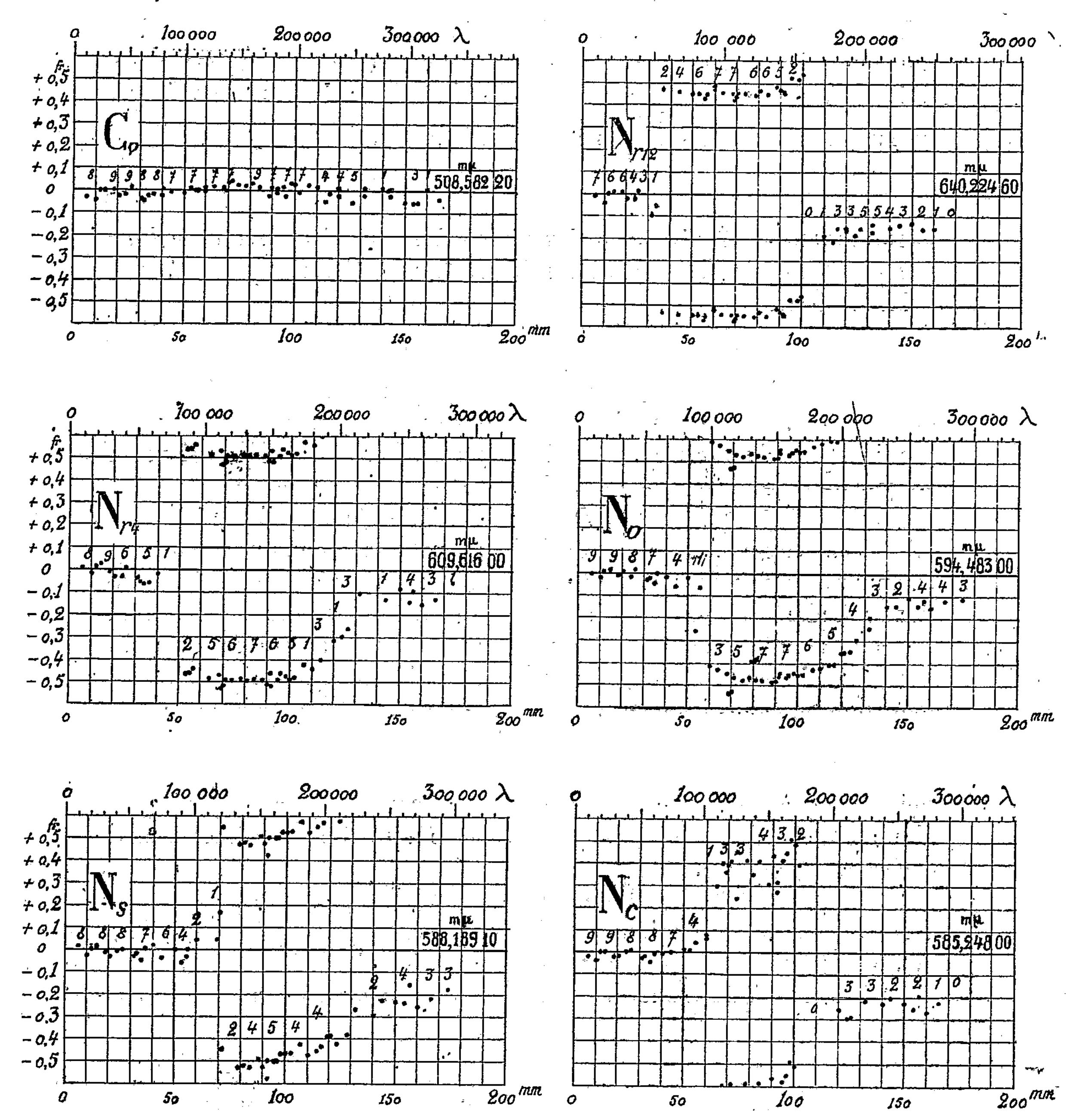
Les valeurs attribuées par les différents expérimentateurs aux longueurs d'onde des radiations lumineuses, même les mieux connues, hormis le rouge du cadmium, diffèrent entre elles de quantités supérieures aux erreurs possibles des observations. Pour les besoins de la métrologie, j'ai voulu essayer de déterminer à nouveau les longueurs d'onde de quelques-unes des radiations les plus utiles. Dans ce but, j'ai exécuté à l'interféromètre Michelson des comparaisons entre la longueur d'onde de la raie rouge du cadmium, prise comme référence, et les diverses longueurs d'onde des radiations à étudier. Les rapports ainsi obtenus pour une même radiation ne sont pas constants; ils varient systématiquement, suivant la différence de marche à laquelle s'exécute la comparaison. La radiation étudiée est en effet toujours plus ou moins complexe, c'est-à-dire formée d'un certain nombre de composantes; et le phénomène d'interférence résultant présente une amplitude (visibilité des franges) et une phase (excédent fractionnaire observé) qui dépend à la fois, conformément à la représentation graphique de Fresnel, des amplitudes et des phases de toutes les composantes à cette différence de marche.

Les résultats utiles de l'étude complète que j'ai exécutée sur la raie verte du cadmium, C_v, et sur cinq raies choisies parmi celles du néon, N_{r12}, N_{r4}, N_0, N_s, N_c, sont résumés dans les graphiques ci-après, qui donnent :

1° Les longueurs d'onde moyennes les plus favorables pour les usages métrologiques,

C_v....	508,58220 mμ	N_{r4}...	609,61600 mμ	N_s...	588,18910 mμ
N_{r12}..	640,22460	N_0....	594,48300	N_c...	585,24840

valeurs, inscrites sur les axes des x, applicables sans correction notable pour les raies du néon à petite différence de marche, et pour C_v jusqu'à la limite de visibilité des franges;



Les chiffres inscrits au-dessus des points figuratifs des résultats expriment la visibilité des franges évaluée arbitrairement de 0 à 10, — tout chiffre inférieur à 3 signalant des observations plus ou moins incertaines —. (Pour toute différence de marche comprise entre 20^{mm} et 150^{mm}, la précision de chaque résultat peut être estimée à 2 ou 3 centièmes de frange, tant que la visibilité est au moins égale à 4.)

2° Les corrections (portées en ordonnée et exprimées en fraction de frange), suivant la différence de marche dans l'air (portée en abscisse), qu'il faut ajouter aux excédents fractionnaires observés, pour les réduire aux valeurs calculées à l'aide des longueurs d'onde ci-dessus.

Les lampes à cadmium utilisées étaient des tubes à électrodes d'aluminium, chauffés entre 280° et 340°; les lampes à néon étaient des tubes à grosses électrodes de cuivre établis spécialement par la Société Georges Claude (néon sous pression de 5^{mm} de mercure); pour ces deux genres de lampes, courant alternatif variable de 500 à 1000 volts, fréquence 30 à 50 périodes.

Sans insister actuellement sur les conclusions que l'on peut tirer de cette étude au point de vue de la constitution de chaque radiation (le but de ce travail étant d'ordre métrologique), je me bornerai à faire remarquer : 1° que la très faible intensité des satellites dans la raie verte du cadmium se trouve confirmée; leur influence est cependant sensible sur la courbe de correction; 2° que les courbes des cinq radiations étudiées dans le néon ont, toutes, même allure générale, la ressemblance étant d'autant plus marquée que les longueurs d'onde sont plus voisines; les courbes montrent que ces radiations sont constituées en première analyse par deux composantes principales d'autant plus écartées dans le spectre que la longueur d'onde est plus grande, l'une de ces composantes étant simple, l'autre quelque peu complexe elle-même et d'autant plus que la longueur d'onde est plus courte; N_{r12} (plus grande longueur d'onde étudiée) est ainsi formée presque exclusivement des deux radiations $\lambda = 640^{m\mu},22723$ et $\lambda = 640^{m\mu},2214$, cette dernière paraissant être la résultante d'un doublet extrêmement serré. A signaler toutefois que la différence des fréquences entre la composante principale et l'une quelconque des autres composantes dans la même radiation n'est pas constante d'une radiation à l'autre : elle croît légèrement avec la longueur d'onde.

ÉLECTRICITÉ. — *Application de l'électromètre plan-cylindre à la détermination des pouvoirs inducteurs des corps solides.* Note de M. **L. Bouchet**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Dans une Note, parue dans les *Comptes rendus* (1), j'ai considéré le cas d'un cylindre attiré par un plan, ces conducteurs étant séparés par de l'air.

(1) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 695.

A la suite de cette étude, j'ai cherché à utiliser cette attraction pour la détermination des pouvoirs inducteurs des corps solides isolants. Ce travail fait l'objet de la présente Note.

Ces nouvelles expériences ont été effectuées en employant la même source électrique, la même technique pour la mesure des attractions et le même appareil décrits dans ma précédente Note. Toutefois le tube creux et mince, en laiton, qui m'a servi mesurait $37^{cm},5$ de longueur et $3^{cm},02$ de diamètre extérieur.

J'ai opéré successivement sur le verre, le caoutchouc et la paraffine pris sous forme de lames planes à faces parallèles.

Verre. — Les glaces, dont l'une argentée sur une de ses faces, reposaient directement sur le plan, et le cylindre était amené au contact de l'autre face. Dans ces conditions, j'ai déterminé les valeurs des attractions en fonction des différences de potentiel établies entre les deux conducteurs, et déduites des résultats fournis par mon appareil fonctionnant comme électromètre absolu. Je donne ci-dessous les résultats pour deux de ces lames, celle d'épaisseur maxima reposait sur le plan par sa face argentée.

	Épaisseurs.	Différences de potentiel V, en volts.	Attractions F.	$\frac{F}{V^2}$.
			g	
Lame argentée sur une face...	$6^{mm},5$	1010	1,92	$1,90 \times 10^{-6}$
		1670	5,22	1,87
		2730	14,50	1,93
Lame non argentée.........	$4^{mm},5$	2480	24,30	$3,78 \times 10^{-6}$
		2650	26,80	3,82
		2800	28,98	3,70
		2840	29,77	3,69

La loi du carré des différences de potentiel se vérifie assez bien. En ce qui concerne l'épaisseur, il est bien évident qu'il ne saurait être question de loi simple, une loi relative à l'épaisseur, fût-elle possible, serait difficile à vérifier lorsqu'on opère au contact avec des lames minces dont le pouvoir inducteur est élevé. Pour faire de bonnes mesures, dans ce cas, il faudrait pouvoir se procurer des lames d'une planéité parfaite, c'est ce qui résulte de mes constatations sur la lame de $4^{mm},5$ d'épaisseur : en faisant porter le cylindre sur des plages différentes de cette lame, ou en la retournant face pour face, j'ai obtenu des attractions du cylindre variant jusqu'à 20 pour 100. Il est vraisemblable aussi que la nature du verre puisse intervenir.

Caoutchouc. — J'ai opéré, dans les mêmes conditions, sur deux échan-

tillons de caoutchouc vulcanisé, l'un à partir de la gomme pure et du soufre, l'autre à partir d'un mélange de gomme, de soufre et de litharge. Le voltage unique employé était de 2130 volts.

Avec la première lame, de 3^{mm} d'épaisseur, l'attraction a été de $6^{g},05$. L'autre lame, bien que beaucoup plus épaisse ($5^{mm},5$), a donné une attraction de $13^{g},25$. Ici apparaît, sans le moindre doute, l'influence de la composition de la matière, ce qui était à prévoir qualitativement. Le défaut de planéité des surfaces, qui subsiste encore, ne suffit pas, loin de là, à expliquer l'énorme différence des résultats.

Paraffine. — Pour cet isolant, dans le cas du contact, les attractions sont plus difficiles à mesurer à cause de l'adhérence du cylindre à la paraffine. Dès lors, j'ai déterminé l'attraction du cylindre en le séparant de l'isolant par un intervalle d'air. La paraffine de $4^{mm},7$ d'épaisseur, coulée sur le plan, a fourni, pour 2430 volts, une attraction de $1^{g},47$, la distance du cylindre à la paraffine étant de $1^{mm},4$.

Évaluations des pouvoirs inducteurs. — Pour évaluer les pouvoirs inducteurs j'ai construit la courbe représentative des attractions en fonction des distances du cylindre au plan, séparés par de l'air, d'après la relation que j'ai établie dans ma Note précédente [1], pour une différence de potentiel de 3000 volts. J'ai calculé, pour chaque isolant, en me basant sur la loi du carré des différences de potentiel et sur mes mesures, les attractions que j'aurais dû avoir pour 3000 volts. En utilisant cette courbe, il est, par suite, facile d'en déduire les pouvoirs inducteurs, en remarquant que l'épaisseur e de l'isolant équivaut à une épaisseur d'air égale à $\frac{e}{k}$, k désignant le pouvoir inducteur. J'ai ainsi obtenu :

		k.
Verre......	Lame argentée (différences de potentiel : 2740 volts).....	7,8
	Lame non argentée (différences de potentiel : 2840 volts).	7,1?
		k'.
Caoutchouc.	Lame pure, gomme et soufre..........................	2,6
	Gomme, soufre et litharge..........................	11
		k''.
Paraffine...	Première mesure avec 2430 volts......................	2,31
	Deuxième mesure avec 2770 volts......................	2,27

Ces valeurs des pouvoirs inducteurs sont en bon accord avec celles trouvées par d'autres physiciens, notamment avec les nombres : 7, 6 trouvé

[1] *Loc. cit.*

par M. J. Curie ([1]), pour le verre, 2,30 trouvé par M. M. Malclès ([1]) et Floquet ([1]), pour la paraffine. Il y a cependant exception pour la lame de verre non argentée et pour le caoutchouc contenant de la litharge. J'ai fait remarquer, au cours de cette Note, que pour la lame de verre les attractions différaient, au maximum, de 20 pour 100 par suite d'un défaut de planéité, défaut dont l'importance est d'autant plus marquée que la lame est plus mince et le pouvoir inducteur plus élevé. Mais en ménageant comme je l'ai fait, un intervalle d'air (2^{mm}) entre cette lame et le cylindre, j'ai obtenu comme pouvoir inducteur, le nombre 7,5 qui se rapproche beaucoup de celui fourni par la première lame de verre. Quant à la valeur élevée du pouvoir inducteur du caoutchouc renfermant de la litharge, elle peut provenir d'un accroissement de la *conductivité* de la matière dû à la présence de la litharge. Des recherches systématiques pourraient confirmer cette hypothèse. S'il en est ainsi, ce qui est très admissible, on devrait pouvoir obtenir des attractions de plus en plus grandes en s'adressant à des isolants ayant une *conductivité* de plus en plus prononcée. Par modification, dans ses détails, l'électromètre plan-cylindre peut se prêter à la mesure des pouvoirs inducteurs des liquides.

PHYSIQUE. — *Détermination de la biréfringence électromagnétique des liquides actifs.* Note de M. **R. de Mallemann**, présentée par M. Brillouin.

Un liquide doué d'activité optique, placé dans un champ électrique ou magnétique, devient biréfringent (phénomènes de Kerr et de Cotton-Mouton). Toutefois, la mesure de la constante de biréfringence ne peut être faite, en général, par les procédés habituels, car l'ellipticité de la vibration émergente dépend non seulement de la biréfringence propre du corps, mais encore de son pouvoir rotatoire.

Dans ces conditions, il semble naturel de tourner la difficulté, en rendant le corps inactif, par mélange des deux inverses optiques ou par synthèse chimique. Ce procédé n'est pas toujours applicable, car il est parfois pratiquement impossible de préparer le mélange inactif, soit que l'un des antipodes ne puisse être obtenu que difficilement, soit que la synthèse du corps n'ait pas encore été réalisée.

De plus, s'il est vraisemblable que le mélange inactif possède la même biréfringence que l'un ou l'autre de ses constituants, le fait n'est pas encore prouvé et pourrait être inexact dans certains cas (par exemple, quand il se forme une combinaison racémique).

Il est donc utile de pouvoir mesurer séparément la biréfringence de chacune des variétés actives.

([1]) *Recueil des constantes physiques de la Société française de Physique*, p. 320.

Les seuls liquides examinés à ce point de vue, jusqu'ici, sont : l'essence de térébenthine (Quincke) et certains dérivés amyliques (Schmidt). Les résultats du premier sont d'ailleurs extrêmement discordants, ceux du second ne présentent qu'un intérêt restreint, dans le cas qui nous occupe, vu la faiblesse du pouvoir rotatoire des corps étudiés.

Les auteurs en question ne se sont d'ailleurs pas préoccupés de préciser théoriquement le problème : il est essentiel, en effet, de distinguer la biréfringence *apparente* directement accessible à l'observation, de la biréfringence *vraie* qui doit être calculée par déduction de l'effet d'ellipticité provenant du pouvoir rotatoire.

Cette remarque suffit à expliquer la grande divergence des résultats de Quincke. Il est aisé d'obtenir les formules générales permettant le calcul de la biréfringence *vraie*, en s'appuyant sur le principe des petits mouvements, c'est-à-dire en admettant (ce qui est certainement exact dans une approximation du premier ordre) l'indépendance des effets dus séparément à la biréfringence et au pouvoir rotatoire, donc leur superposition simple.

On sait que ce principe conduit à la relation de Gouy :

$$\delta^2 = \varphi^2 + 4\omega^2,$$

δ étant la biréfringence elliptique, φ la biréfringence ordinaire, et ω la rotation.

Les calculs directs seraient assez longs; on les abrège beaucoup par l'emploi de la représentation sphérique de Poincaré.

Les vibrations elliptiques pouvant résulter de l'action simultanée de la biréfringence et du pouvoir rotatoire, sont alors figurées par les différents points d'une famille de cercles parallèles, dont les pôles représentent les vibrations privilégiées d'Airy.

On passera ainsi du cas de la biréfringence simple à celui de la biréfringence elliptique par un simple changement de coordonnées sur la sphère, analogue à celui qu'on effectue en Astronomie pour passer des coordonnées équatoriales aux coordonnées écliptiques.

Si l'on appelle α l'orientation du grand axe de l'ellipse émergente par rapport à une vibration rectiligne d'azimut α_0, γ l'ellipticité correspondante, on obtient les expressions suivantes :

$$(1) \quad \operatorname{tang} 2\alpha = \pm\sqrt{\frac{1 - \frac{\varphi^2}{\delta^2}\left(1 + \frac{4\omega^2}{\varphi^2}\cos^2\delta\right)\cos^2 2\alpha_0 - \sin^2\delta\sin^2 2\alpha_0 - \frac{2\omega}{\delta}\sin\delta\cos\delta\sin 4\alpha_0}{\frac{\varphi^4}{\delta^4}\left(1 + \frac{4\omega^2}{\varphi^2}\cos\delta\right)^2\cos^2 2\alpha_0 + \frac{4\omega^2}{\delta^2}\sin^2\delta\sin^2 2\alpha_0 + \frac{2\omega\varphi^2}{\delta^3}\left(1 + \frac{4\omega^3}{\varphi^2}\cos\delta\right)\sin\delta\sin 4\alpha_0}},$$

$$(2) \quad \sin 2\gamma = \frac{2\omega\varphi}{\delta^2}(1 - \cos\delta)\cos 2\alpha_0 - \frac{\varphi}{\delta}\sin\delta\sin 2\alpha_0.$$

Ces formules se simplifient pour les deux azimuts d'incidence principaux.

a. Vibration incidente parallèle ou perpendiculaire au champ :

$$\operatorname{tang} 2\alpha = \frac{2\omega\delta \sin\delta}{\varphi^2 + 4\omega^2 \cos\delta}, \qquad \sin 2\gamma = \frac{2\omega\varphi}{\delta^2}(1 - \cos\delta) \quad (^1).$$

b. Vibration incidente à 45° du champ :

$$\operatorname{tang} 2\alpha = \frac{2\omega}{\gamma} \operatorname{tang}\delta, \qquad \sin 2\gamma = \frac{\varphi}{\delta} \sin\delta.$$

La mesure directe de α et de γ, effectuée au moyen d'un analyseur elliptique, permettra de calculer la biréfringence *vraie* φ.

On doit remarquer toutefois que cette quantité se trouve exprimée au moyen de *deux* équations distinctes, puisque ω est connu en dehors du champ. Il peut alors se présenter deux cas :

1° Les équations sont compatibles (à la précision des mesures) : elles se vérifient donc mutuellement et confirment le principe dont elles dérivent.

2° Les équations sont incompatibles : elles définissent alors *la variation du pouvoir rotatoire due à l'anisotropie des molécules* (²).

Nous avons appliqué cette méthode à la biréfringence électrique et déterminé les constantes de Kerr d'une série de liquides actifs, de pouvoirs rotatoires très différents.

Dans la plupart des cas, la relation de Gouy paraît vérifiée à l'approximation des mesures, qui sont difficiles; dans certains cas, il existe cependant des écarts notables.

Nos mesures ne sont pas encore assez précises pour discuter une variation éventuelle du pouvoir rotatoire.

(¹) Les formules correspondant à ce cas particulier ont déjà été données par Mounary (*J. Ph.*, 1889) et appliquées par lui à la discussion des expériences de Chauvin, sur le spath polarisé magnétiquement.

(²) Nous avons démontré théoriquement qu'il devait y avoir nécessairement une influence de l'anisotropie moléculaire sur le pouvoir rotatoire, *même en admettant l'isotropie des liaisons rotationnelles de la molécule*. Toutefois, dans les champs pratiquement réalisables, la variation correspondante de ω est du second ordre, ce qui légitime la relation de Gouy comme première approximation. Si l'on admet, au contraire, l'*anisotropie* des liaisons rotationnelles, la variation de ω pourrait, dans certains cas, devenir appréciable (*Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 263).

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Sur l'augmentation de la dispersion dans les spectres photo-électriques des rayons X.* Note de M. **René Ledrus**, présentée par M. Brillouin.

Les recherches de M. de Broglie [1] ont montré que, si une radiation X, de fréquence ν_0, frappe un atome, la vitesse v d'un électron arraché à un niveau d'énergie W est donnée par la relation des quanta

$$\frac{1}{2}mv^2 = h(\nu_0 - \nu),$$

où m désigne la masse de l'électron, h la constante de Planck et ν la fréquence qui correspond à W par la relation $W = h\nu$. En déviant les électrons suivant des trajectoires circulaires par un champ magnétique H convenablement disposé [2], on peut obtenir sur une plaque photographique un spectre de vitesse qui permet l'analyse des niveaux d'énergie relatifs aux atomes irradiés par les rayons X.

Nous avons cherché les conditions qu'il faut réaliser pour augmenter la dispersion du spectrogramme. Si e et ρ désignent la charge d'un électron et le rayon de sa trajectoire, on a la relation

$$H\rho = \sqrt{\frac{2hm(\nu_0 - \nu)}{e^2}}.$$

On en déduit, en considérant ρ comme fonction de ν seulement,

$$(1) \qquad -\frac{d\rho}{d\nu} = \frac{\rho}{2(\nu_0 - \nu)}.$$

La dispersion est d'autant plus grande que le premier membre de (1) est plus grand. Donc, pour séparer au mieux des niveaux voisins, il faut :

1° Exciter l'émission électronique au moyen d'une radiation X dont la fréquence ν_0 est peu supérieure aux fréquences ν correspondant aux niveaux à étudier ;

2° Ajuster le champ magnétique pour placer la région étudiée vers l'extrémité de la plaque photographique qui correspond aux grandes valeurs de ρ.

---

(1) M. de Broglie, *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 274, 527, 806. — M. et L. de Broglie, *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 146; t. 173, 1921, p. 527.

(2) M. de Broglie, *Le Journal de Physique et le Radium*, 1921, p. 265.

Ces deux conditions conduisent à utiliser, pour produire le spectre, des électrons de vitesses aussi faibles que possible et à les dévier au moyen de champs magnétiques faibles.

Commençant à appliquer cette méthode expérimentale, nous avons d'abord étudié le spectre de vitesses des électrons émis par un radiateur d'or sous l'action du rayonnement d'une anticathode de molybdène. Le tube, en quartz, à cathode incandescente et anticathode interchangeable, alimenté sous tension constante, était du type décrit par M. A. Dauvillier dans le *Journal de Physique et le Radium* (1922, p. 154).

Le rayonnement de l'anticathode était rendu pratiquement monochromatique (KαMo) au moyen d'un filtre de zircone.

Voici les résultats de mesures faites sur un cliché obtenu avec un champ de 113,5 gauss. R désigne la constante de Rydberg. Une notation telle que Kα.Mo — M_1Au par exemple indique qu'il s'agit d'électrons extraits du niveau M_1 de l'or par la radiation Kα du molybdène.

ρH.	$\frac{\nu_0 - \nu}{R}$ obs.	Attribution.	$\frac{\nu_0 - \nu}{R}$ calc.	Écarts pour 100.
287	538	$L\alpha_1$Au — M_1Au	554	3
322	676	$L\beta_1$Au — M_1Au	682	1
359	841	$L\gamma_1$Au — M_1Au	825	2
406	1069	KαMo — M_5Au	1053	1,6
410	1095	KαMo — M_3Au	1116	2
417	1129	KαMo — M_1Au	1126	3
443	1274	KαMo — N_1Au	1276	2

Les trois raies correspondant aux valeurs de Hρ : 287, 322, 359, sont dues à l'action des rayons secondaires de l'or; elles ont déjà été rencontrées par M. de Broglie dans des clichés obtenus en excitant l'émission électronique de l'or au moyen du rayonnement d'un tube Coolidge à anticathode de tungstène. La raie Hρ = 443 correspond aux électrons extraits des niveaux périphériques de l'atome, dont les fréquences sont inférieures à 9, fréquence du niveau N_1 de l'or.

Les niveaux L_3, L_2, L_1 de l'or, auxquels correspondraient dans ce cliché des valeurs de Hρ égales à 187, 205 et 251 n'ont pu être mis en évidence. Au moyen de la décroissance des impressions dues au fond continu, on peut évaluer approximativement à 5000 volts « l'énergie » que doivent avoir les électrons pour ne pas être entièrement absorbés par la gélatine de la plaque photographique. Cette remarque conduit à rejeter l'emploi des plaques ordinaires pour l'application systématique de la méthode indiquée dans

cette Note. En raison du très petit format des plaques de notre appareil (1,5 × 9), les plaques Schumann, dont l'emploi est tout indiqué, ne nous ont donné jusqu'ici que des résultats irréguliers.

Pour séparer les niveaux L de l'or en continuant à employer des plaques ordinaires, il fallait donc exciter l'émission corpusculaire par une radiation telle que « l'énergie » restante des électrons fût supérieure à 5000 volts. La radiation Kα de l'argent est dans ce cas.

Les résultats suivants ont été obtenus avec un champ de 91,0 gauss, le rayonnement excitateur étant filtré par un écran de palladium. Les raies sont très faibles malgré la puissance considérable dépensée dans le tube (jusqu'à 1 kilowatt) et la pose relativement longue (5 heures) :

ρH.	$\frac{\nu_0-\nu}{R}$ obs.	Attribution.	$\frac{\nu_0-\nu}{R}$ calc.	Écarts pour 100.
291	586	$K\alpha Ag - L_3 Au$	562	4
306	610	$K\alpha Ag - L_2 Au$	608	4
335	729	$K\alpha Ag - L_1 Au$	743	2
342	761	$K\beta Ag - L_3 Au$	760	1

Les raies dues à la fluorescence de l'or ne sont pas apparues, le radiateur étant ici une bande d'or en livret dont la largeur était à peine d'un demi-millimètre. L'attribution de la raie $\rho H = 342$ paraît douteuse malgré l'accord numérique en raison de la présence du filtre qui aurait dû absorber Kβ de l'argent.

SPECTROSCOPIE. — *Sur les spectres d'arc des métaux, dans divers milieux et dans le vide.* Note de M. **St. Procopiu**, présentée par M. A. de Gramont.

Ce travail fait suite à une Note précédente (¹) sur le mercure et a pour objet l'étude des modifications que subissent les spectres d'arc des métaux Cu, Au, Zn, Cd, Mg, Ca, Al et du carbone dans l'air, l'hydrogène, le gaz d'éclairage, l'azote, l'eau et dans le vide.

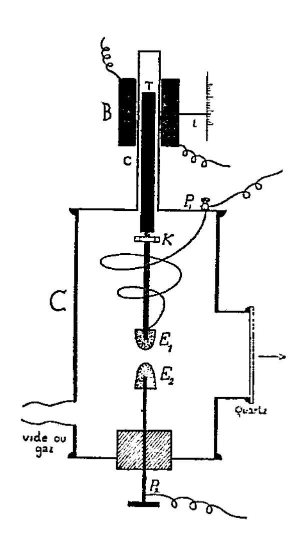
L'arc est établi entre deux morceaux E_1, E_2 du métal à étudier, dans l'appareil ci-après. L'électrode supérieure est portée par une tige de fer T qui peut glisser à l'intérieur d'un tube de laiton de faible diamètre *c*, et être soulevée par la bobine extérieure B Au repos, les électrodes se touchent. Lorsqu'on fait passer un courant électrique à travers la bobine, les électrodes s'écartent et l'arc s'établit; sa longueur est déterminée par la position de la bobine B et de l'écrou K (²).

(¹) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 217.

(²) Un appareil, à électrodes refroidies, est en ce moment à l'étude.

La lumière de l'arc traversant la fenêtre de quartz est projetée au moyen d'une lentille en quartz sur la fente du spectrographe. La photographie du spectre est faite après l'établissement de l'arc pour ne pas introduire les raies d'étincelle dues au régime d'amorçage, phénomène constaté par M. de Gramont [1].

La région étudiée s'étend entre λ 5000 et λ 2100 Å.



Résultats. — 1. On constate, comme pour le mercure, que, dans les spectres d'arc des métaux *dans l'eau, le gaz d'éclairage et l'hydrogène*, les raies des séries d'arc deviennent très élargies et que les termes d'ordre élevé sont très affaiblis ou disparaissent; c'est surtout dans les premiers termes, vers le rouge, qu'on retrouve l'énergie rayonnée.

Ainsi pour Cd, Zn, Mg, Al, il ne reste que les termes 1, 2, 3 de la série fine ($1p - ms$) et ceux d'ordre 2, 3, 4 de la série diffuse ($1p - md$). La série de Rydberg ($1P - mD$) du Mg est affaiblie, mais les termes ne disparaissent pas. Les raies de combinaison ne présentent pas de modification sensible.

En outre, les raies d'étincelle apparaissent, ce qu'on savait déjà depuis les travaux de Hartmann et Eberhard, et de MM. de Gramont et Hemsalech.

Cu et Au ne montrent que des modifications peu sensibles pour les raies sériées, la tendance restant la même, à l'élargissement et à l'affaiblissement des derniers termes.

2. *Dans l'azote*, l'arc est stable avec tous les métaux, même avec Mg, Ca

---

[1] A. de Gramont, *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 37.

et Al, dont l'arc est difficile à établir dans l'air, par suite de la formation d'une couche d'oxyde sur les électrodes.

Les raies d'arc apparaissent en plus grand nombre que dans l'air. On voit notamment certaines des raies qui se présentent seulement dans le vide; par suite, l'énergie rayonnée se trouve déplacée vers les derniers termes des séries d'arc dans l'azote.

De nombreuses raies d'arc se présentent renversées, comme la série diffuse de l'Al jusqu'au terme d'ordre 9; puis les bandes 3883, 3590 pour l'arc entre charbons.

Les raies d'étincelle sont affaiblies, par exemple la raie λ 4481 du Mg n'apparaît que comme un point très intense à la cathode.

Si l'on fait jaillir l'arc entre métaux à travers une flamme de Bunsen, ce milieu se comporte en partie comme l'azote et comme le vide en amenant le renversement de nombreuses raies et en permettant l'apparition des termes d'ordre élevé.

3. *Dans le vide*, l'arc est stable pour tous les métaux, surtout entre 15^{mm} et 1^{mm} de pression. Il peut être entretenu avec moins de $0^{amp},5$ pour une longueur d'arc de 1^{cm}. Dans le vide, les derniers termes sont plus intenses que dans les autres milieux, si on les compare aux premiers termes. L'énergie rayonnée se trouve déplacée vers les derniers termes, vers l'ultraviolet, d'autant plus que la pression, dans laquelle jaillit l'arc, est plus basse.

De nombreuses raies d'arc se présentent renversées, surtout à la cathode, où les raies sont plus larges. Ainsi, en dehors des raies déjà signalées dans les autres milieux, j'ai trouvé, renversées encore, les suivantes :

Zn : λ = 3018 (II, 2), 2712, 2684, 2670 (II, 3), 2542, 2530 (II, 4), 2515, 2491, 2479 (I, 5), 2463, 2440 (I, 6).

Cd : λ = 3252, 3133, 3081 (II, 2), 2868, 2775, 2734 (II, 3), 2629, 2592 (II, 4), 2632 (II, 5), 2660, 2580, 2544 (I, 5), 2602, 2525 (I, 6).

Il faut signaler encore que les raies de flamme (de M. de Watteville) de symbole 1 S — 1 P, sont affaiblies et le renversement est diffus ou disparaît [1]

[1] La disparition des derniers termes peut être due à la densité de la vapeur métallique. Si cette densité est trop grande il peut arriver, ou bien que les chocs empêchent l'accumulation de l'énergie dans une particule émettrice, ou bien que les orbites correspondant aux derniers termes soient trop grandes pour qu'elles puissent exister en présence d'autres particules voisines. L'affinité d'une vapeur étrangère doit jouer aussi certain rôle.

complètement. Ainsi se comportent :

$$\lambda = 2138 \text{ (Zn)}, \quad 2288 \text{ (Cd)}, \quad 2852 \text{ (Mg)}, \quad 4227 \text{ (Ca)}.$$

4. L'arc dans le vide présente *les raies d'étincelle* (enhanced) du métal très intenses, fait constaté par Fowler et Payn et par MM. Fabry et Buisson ([1]). Or, en outre de leur intensité, j'ai constaté qu'elles se présentent en grande partie spontanément *renversées*.

Voici, pour 1^{mm} de pression et un courant de 6 ampères (Cd, Zn, Mg, Ca) jusqu'à 10 ampères (Al), les raies d'étincelle, que j'ai trouvées renversées dans l'arc dans le vide :

Cd^+.....	$\lambda = 2144$ (?), 2194, 2265, 2312, 2573, 2748
Mg^+.....	2790, 2795, 2798, 2802, 2928, 2936, 4481
Ca^+.....	3158, 3179, 3706, 3737, 3933, 3968
Al^+......	2631, 3587, 3601, 3612, 3702, 3713, 4480, 4513, 4529

Les raies 2502 et 2558 du Zn^+ présentent un renversement très diffus. Il est intéressant à remarquer que la raie λ 4481 du Mg se trouve très élargie et renversée.

MAGNÉTISME. — *Corrélation entre l'hypothèse du champ démagnétisant élémentaire et la théorie du champ moléculaire.* Note de M. **P. Dejean**, présentée par M. P. Janet.

P. Weiss admet que, dans un corps ferromagnétique, l'action de l'ensemble des molécules sur l'une d'elles est équivalent à un champ uniforme $\mathcal{H}_m$ (*champ moléculaire*) défini par la formule

$$\mathcal{H}_m = N\mathfrak{J}, \tag{1}$$

dans laquelle $\mathfrak{J}$ est l'intensité d'aimantation et N une constante.

Si le champ extérieur $\mathcal{H}_e$ est différent de zéro, le champ total $\mathcal{H}_T$ est alors

$$\mathcal{H}_T = \mathcal{H}_e + N\mathfrak{J}. \tag{2}$$

Quant à la constante N, on la tire de la formule

$$\Theta = CND, \tag{3-4}$$

([1]) A. Fowler et H. Payn, *Proc. of the R. S. London*, t. 72, 1903, p. 253. — Ch. Fabry et H. Buisson, *Journal de Physique*, t. 9, 1910, p. 929.

où C est la constante de Curie, qu'aurait la substance, si supprimant le champ moléculaire on la rendait paramagnétique, D est la densité et enfin Θ est la température du point de Curie.

Arrivons maintenant à l'hypothèse du *Champ démagnétisant élémentaire*. Nous avons admis précédemment[1] qu'un corps ferro-magnétique pourrait être composé d'aimants élémentaires à grand champ démagnétisant, disposés en files et suffisamment rapprochés les uns des autres pour que, par suite de leurs actions mutuelles, le champ démagnétisant élémentaire soit annulé, alors que dans les paramagnétiques ces mêmes aimants élémentaires seraient suffisamment éloignés pour que leurs actions mutuelles soient faibles.

S'il en est bien ainsi, qu'est-ce que l'intensité d'aimantation et la susceptibilité d'un paramagnétique? Comme nous ne pouvons pas déterminer directement le champ démagnétisant de ces aimants élémentaires, et en déduire la valeur du champ $\mathcal{H}_a$ réellement agissant sur eux, nous rapportons toutes les données relatives à ce corps, non pas au champ réellement agissant $\mathcal{H}_a$ (que nous ne pouvons connaître), mais au champ extérieur $\mathcal{H}_e$ seul abordable. Nous admettons donc implicitement la nullité du champ démagnétisant élémentaire qui est égal à leur différence, soit

(5) $$\text{champ démagnétisant} = \mathcal{H}_e - \mathcal{H}_a = 0.$$

Or rien n'autorise cette conclusion, car il n'est pas démontré que les aimants élémentaires puissent être assimilés à des aimants infiniment longs.

La substitution de $\mathcal{H}_e$ à $\mathcal{H}_a$ transforme la formule

(6) $$\mathfrak{J} = \frac{\mathfrak{B} - \mathcal{H}_a}{4\pi}$$

en une autre

(7) $$\mathfrak{J}' = \frac{\mathfrak{B} - \mathcal{H}_e}{4\pi}.$$

Or cette formule (7) donne une *intensité d'aimantation apparente* $\mathfrak{J}'$ qui est liée[2] à l'intensité d'aimantation réelle $\mathfrak{J}$ de la formule (6) par

(8-9) $$\mathfrak{J}' = \mathfrak{J}\frac{4\pi}{4\pi + N_2} \quad \text{ou} \quad \mathfrak{J} = \mathfrak{J}'\frac{4\pi}{4\pi - N_1};$$

N_1 et N_2 étant des coefficients qui doivent satisfaire à la relation

(10) $$N_1\mathfrak{J} = N_2\mathfrak{J}',$$

---

[1] *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 770.

[2] Voir *Annales de Physique*, 9e série, t. 17, 1922, p. 230 et suiv.

d'où

$$N_2 = \frac{4\pi N_1}{4\pi - N_1} \quad \text{ou} \quad N_1 = \frac{4\pi N_2}{4\pi + N_2}; \tag{11}$$

N_2 s'annule donc avec N_1 et tend vers l'infini quand N_1 tend vers 4π.

On démontrerait d'une manière analogue, que la susceptibilité spécifique que nous déterminons dans les paramagnétiques n'est pas la susceptibilité réelle $\chi = \frac{\mathfrak{J}}{\mathcal{H}D}$ telle que nous sommes habitués à la considérer dans les corps ferro-magnétiques, mais une susceptibilité apparente $\chi = \frac{\mathfrak{J}'}{\mathcal{H}D}$.

Or c'est cette valeur apparente qui a été introduite dans la formule (4), de sorte que le coefficient N de la formule (3) qu'on en déduit est, au coefficient réel qu'on devrait avoir, dans le rapport de N_2 à N_1 (formule 10). Il n'est donc pas étonnant que les nombres donnés jusqu'ici comme valeur de N, dans la théorie du champ moléculaire, aient toujours été très grands.

Prenons à titre d'exemple la valeur de N pour le fer. Elle a été trouvée égale à 3850. En remplaçant N_2 par cette valeur dans (11) on en tire

$$N_1 = 12{,}525 = 4\pi\left(1 - \frac{3}{1000}\right),$$

valeur que pour plus de généralité nous mettons sous la forme

$$N_1 = 4\pi - \varepsilon. \tag{12}$$

Portons maintenant cette valeur dans l'équation (2). Nous voyons que la théorie du champ moléculaire conduit à admettre que le champ total $\mathcal{H}_T$ agissant sur une substance *ferro-magnétique* est

$$\mathcal{H}_T = \mathcal{H}_e + (4\pi - \varepsilon)\mathfrak{J}. \tag{13}$$

La même théorie admet que dans un *paramagnétique* le champ extérieur seul agit et par conséquent, dans ce cas :

$$\mathcal{H}_T = \mathcal{H}_e. \tag{14}$$

Dans notre hypothèse du champ démagnétisant élémentaire, nous avons montré que le passage du para- au ferro-magnétique peut être obtenu par un rapprochement progressif des aimants élémentaires dont le grand champ démagnétisant individuel s'annule peu à peu sous l'influence de leurs actions mutuelles, lorsque, grâce au champ extérieur et à l'orientation cristalline,

les éléments ont pu se former en files suffisamment longues [1] pour que leur champ démagnétisant puisse être négligé.

La limite maximum du champ démagnétisant est, comme on le sait, égale à $4\pi\mathfrak{I}$. Pour des éléments *paramagnétiques*, le champ démagnétisant qui est très grand, sans atteindre pourtant cette limite, peut être posé égal à $(4\pi - \varepsilon')\mathfrak{I}$. Le champ $\mathcal{H}_a$ réellement agissant sur de tels éléments placés dans un champ $\mathcal{H}_e$ et orientés dans sa direction devient

$$(15)\qquad \mathcal{H}_a = \mathcal{H}_e - (4\pi - \varepsilon')\mathfrak{I}.$$

Le champ total $\mathcal{H}'_T$ observé dans une fissure normale à la polarisation qui n'est autre que l'induction $\mathfrak{B}$ serait pour un corps *paramagnétique*

$$(16)\qquad \mathcal{H}'_T = [\mathcal{H}_e - (4\pi - \varepsilon')\mathfrak{I}] + 4\pi\mathfrak{I} = \mathcal{H}_e + \varepsilon' + \mathfrak{B}.$$

Dans un *ferro-magnétique*, au contraire, on aurait

$$(17)\qquad \mathcal{H}'_T = \mathcal{H}_e + 4\pi\mathfrak{I} = \mathfrak{B}.$$

Il suffit de comparer les formules (13) à (17) et (14) à (16) pour voir la relation très étroite qui existe entre les deux hypothèses du champ moléculaire d'une part, et du champ démagnétisant élémentaire de l'autre.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'acide malique droit et l'utilisation du molybdomalate d'ammonium pour le dédoublement de l'acide malique racémique.* Note de MM. E. **Darmois** et J. **Périn**, présentée par M. Haller.

L'un de nous a montré que l'acide malique naturel, lévogyre en solutions étendues, donne avec MoO^3 et NH^3 différentes combinaisons [2]. En particulier celle qui renferme les composants dans les proportions $2MoO^3$, $C^4H^6O^5$, $2NH^3$ est très bien cristallisée et possède un pouvoir rotatoire dextrogyre très grand. C'est elle que nous appelons dimolybdomalate d'ammonium.

Dans le but de préparer le corps symétrique, nous avons été amenés à étudier la préparation de l'acide malique droit. Le procédé le plus simple

---

(1) Le rapprochement des aimants élémentaires et la formation des files d'éléments sont des images commodes pour représenter les variations de l'action des éléments les uns sur les autres. Ces variations pourraient toutefois se réaliser suivant des processus assez différents sans que la théorie en soit modifiée.

(2) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 348.

semble être l'inversion de Walden. La chloruration de l'acide malique naturel par PCl^5 donne un acide chlorosuccinique, dextrogyre en solution aqueuse; la saponification de ce corps par Ag^2O ou NO^3Ag redonne l'acide malique; il est *droit* en solutions étendues. D'après Walden lui-même, l'oxyde d'argent ne donnerait pas l'acide droit optiquement pur; par contre, NO^3Ag lui aurait donné l'acide droit exactement symétrique de l'acide naturel (¹).

Nous avons d'abord préparé l'acide chlorosuccinique actif et vérifié que ses constantes (point de fusion, pouvoir rotatoire) coïncidaient avec celles données par Walden (²). 25ᵍ de cet acide sont dissous dans 200ᵍ d'eau; on neutralise par CO^3K^2 dissous et l'on ajoute 40ᵍ de NO^3Ag dissous; on chauffe la liqueur et le précipité formé pendant 6 heures au réfrigérant ascendant. Le précipité fonce; on filtre, lave à l'eau chaude, neutralise les eaux par la soude et précipite à chaud par 80ᵍ d'acétate de plomb. Le malate de plomb est lavé à l'eau chaude, mis en suspension dans l'eau et décomposé par H^2S. Après filtration et évaporation de la solution, on obtient environ 7ᵍ,2 d'acide malique.

L'acide malique obtenu a d'abord été polarisé en solution aqueuse. Pour $C = 18,62$, on trouve à 17° $(\alpha)_{578} = +0,83$. Pour l'acide malique pur, on devrait trouver $+1,50$ environ. Nous avons combiné ensuite cet acide à la quantité théorique de molybdate d'ammonium et d'ammoniaque (³); la nouvelle solution est fortement lévogyre; elle possède la dispersion caractéristique du α-dimolybdomalate d'Am (⁴), mais son pouvoir rotatoire est considérablement plus faible que celui du corps optiquement pur ($\frac{1}{2}$ environ). Il en résulte que *l'acide malique droit préparé selon Walden est racémisé à peu près dans la proportion* $\frac{1}{2}$, c'est-à-dire contient environ $\frac{3}{4}$ de droit et $\frac{1}{4}$ de gauche. On s'explique ainsi que Walden, en préparant l'éther diméthylique de cet acide l'ait trouvé partiellement racémisé.

Si l'on évapore la solution de dimolybdomalate, elle dépose des cristaux. Ce sont : 1° d'abord des cristaux lévogyres donnant $(\alpha)_{578} = -220°$, c'est-à-dire le dimolybdomalate gauche pur. Le dépôt continue jusqu'à obtention de 10ᵍ,2 de cristaux, soit, à 4 pour 100 près, l'excès de corps

(¹) *Ber.*, t. 26, 1893, p. 210.
(²) *Ber.*, t. 29, 1896, p. 133.
(³) Le molybdate ordinaire d'Am contenant MoO^3 et NH^3 dans les proportions 2 et $\frac{12}{7}$, il faut lui ajouter $\frac{2}{7}$ NH^3 pour réaliser les proportions du composé.
(⁴) $\frac{\alpha_{436}}{\alpha_{578}} = 2,27$.

gauche en solution; 2° 1g,8 de cristaux donnant + 220°, c'est-à-dire le corps droit; 3° il se dépose ensuite des cristaux qu'on étudie individuellement et qui sont constitués soit par le corps droit, soit par le corps gauche qui cristallisent ainsi côte à côte. Bien que l'acide de Walden soit racémisé, *l'inexistence du dimolybdomalate racémique en solution à la température ordinaire permet d'isoler le corps cherché, c'est-à-dire l'antipode gauche.*

Les cristaux des deux antipodes ont été mesurés par M. Duffour; ils sont monocliniques antihémiédres, présentant les formes $p(001)$, $d^{\frac{1}{2}}(111)$, $b^{\frac{1}{2}}(\bar{1}11)$, $h^1(100)$, $g^1(010)$. Les mesures d'angles paraîtront ailleurs. L'antihémiédrie ne se manifeste que sur la forme g^1, réduisant à une seule les deux facettes qu'elle comporte. En supposant les cristaux vus de la façon habituelle, c'est la face de gauche qui subsiste dans les cristaux (droits) formés à partir de l'acide malique ordinaire. Les cristaux de l'antipode ne présentent que la facette de droite. L'antihémiédrie n'apparaît pas toujours à la première cristallisation; il est possible de la mettre en évidence par les figures de corrosion obtenues par immersion rapide dans l'eau. M. L. Longchambon a déjà indiqué que ces cristaux possèdent un pouvoir rotatoire cristallin considérable(¹).

Nous avons appliqué le même procédé de séparation à l'acide malique racémique. Il a été préparé par le procédé ci-dessus appliqué à l'acide bromosuccinique inactif, puis combiné à la proportion théorique de molybdate et d'ammoniaque. La cristallisation du composé donne, comme on pouvait s'y attendre, à côté l'un de l'autre les deux corps droit et gauche. D'après ce qui précède, on ne peut utiliser l'examen des faces pour le triage; mais les cristaux bien formés sont assez volumineux et assez actifs pour que, en les agitant pendant quelques secondes dans une petite cuve polarimétrique, on puisse déterminer leur signe. Les amas de cristaux sont recueillis à part et l'on détermine leur pouvoir rotatoire; ils renferment généralement au moins les trois quarts de l'un des antipodes; une nouvelle cristallisation donne comme ci-dessus les antipodes purs. L'amorçage d'une solution sursaturée par un cristal de signe déterminé nous a donné jusqu'ici des résultats assez variables.

Il est facile de repasser du composé à l'acide malique, En présence de NO^3H (12 pour 100 environ), la précipitation du molybdène par H^2S est totale; on filtre, précipite le malate de plomb par $(NO^3)^2Pb$ et décompose par H^2S.

(¹) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 91.

En résumé, le dimolybdomalate d'Am racémique ne se dépose pas de ses solutions et l'on peut mettre ce fait à profit pour séparer très simplement l'acide malique racémique en ses deux constituants actifs; le grand pouvoir rotatoire des composés molybdiques est un excellent criterium de pureté des corps obtenus.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur l'application des gaz de fours à coke à la synthèse de l'ammoniaque.* Note de M. G. Claude, présentée par M. Rateau.

En diverses circonstances, j'ai signalé le puissant intérêt qu'il y aurait à extraire l'hydrogène nécessaire à la synthèse de l'ammoniaque des gaz de fours à coke, si souvent encore perdus ou mal utilisés. C'est dans cette voie seulement que la synthèse de l'ammoniaque m'a paru capable de tenir toutes ses promesses, et c'est en conséquence vers ce problème que j'ai, depuis plusieurs années, porté tous mes efforts.

Arrêté dans la voie séduisante de la liquéfaction partielle par des difficultés que j'ai rappelées dans une Note du 17 octobre 1921, j'ai été conduit tout d'abord (¹) à obtenir l'hydrogène comme résidu de la *dissolution sous pression* du gaz traité dans un solvant approprié, l'éther ordinaire.

De nouvelles idées ayant cependant permis de vaincre les difficultés qui m'avaient arrêté dans la voie de la liquéfaction partielle, j'ai pu revenir aux procédés plus simples basés sur cette méthode et j'ai décrit, dans ma Note du 17 octobre 1921, un appareil réalisant de cette façon l'extraction de l'hydrogène *du gaz d'eau.*

L'appareil décrit traitait par heure 500^{m^3} de gaz d'eau et fournissait 230^{m^3} d'hydrogène, employé à la fabrication de l'ammoniaque à notre Usine d'essai de Montereau. Un appareil de puissance double le remplace maintenant, alimentant une unité capable de 5 tonnes NH^3 par jour.

Ce cas du gaz d'eau, bien entendu, ne constituait qu'une étape préparatoire au cas du gaz de fours à coke. Je pouvais craindre, en effet, des difficultés graves du fait de la présence dans ce gaz de constituants très différemment condensables et congelables. Instruits par nos premiers essais, nous avons combiné un appareil capable de parer à ces difficultés et qui a été installé aux mines de Béthune, que je dois remercier ici. Du premier

(¹) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 974.

coup, grâce aux dispositions prises et, en particulier, à l'extraction de l'échangeur de températures des éléments les plus condensables, le fonctionnement de l'appareil a été excellent, se prolongeant des semaines sans une obstruction ou autre perturbation quelconque.

Malgré la faible quantité de gaz traité (850 m^3 : heure), la pression de fonctionnement de cet appareil n'atteint pas 24^{atm}. Elle tombera à moins de 15^{atm} avec les appareils de 5000$^{m^3}$ de gaz à l'heure, dès à présent étudiés, correspondant à une production de 20^t de NH^3 par jour, soit 25000^t de sulfate par an.

Devant ces résultats, du matériel que nous avions tout prêt a été monté rapidement à Béthune pour transformer en NH^3 l'hydrogène ainsi produit. Les gaz traités sont pris à la sortie des appareils de débenzolage et comprimés à 25^{atm}. Ils passent dans une première colonne où ils achèvent de se débenzoler sous l'effet d'un courant d'huile lourde refoulé par une petite pompe, puis dans une seconde colonne où ils se décarbonatent sous l'effet d'un courant d'eau de chaux refoulé par une pompe centrifuge; de là, ils vont à l'appareil de séparation, dans l'échangeur duquel ils abandonnent l'eau et les divers produits condensables, dont l'un des plus précieux, l'éthylène, peut être extrait à part. L'hydrogène est envoyé à un gazomètre; les autres gaz, *très riches* en méthane, sont renvoyés à l'usine pour être utilisés ou distribués.

Il n'y a pas d'appareil spécial à azote. L'hydrogène ainsi produit étant très peu coûteux, on fabrique l'azote à ses dépens en appliquant plus simplement l'idée exprimée d'abord par Goriainos.

A cet effet, du gazomètre, l'hydrogène est aspiré par l'hypercompresseur en même temps qu'une quantité convenable d'air qui est brûlée avant la compression, et le mélange $N + H^3$ ainsi directement obtenu est immédiatement hypercomprimé et envoyé à l'ordinaire série du tube purificateur, transformant CO en $H^2O + CH^4$, et des cinq tubes catalyseurs. Les gaz résiduels sont renvoyés à l'appareil à hydrogène.

Voici, dans les conditions optima, les résultats des effets de cet ensemble :

Gaz traité : 850 m^3 : h à 49 pour 100 H de moyenne, en raison de rentrées d'air anormales, au lieu de 54 à 55 pour 100, teneur normale.

Hydrogène obtenu : 425 m^3 : h tenant 90 pour 100 H et 1,6 pour 100 CO aisément réductible à 1 pour 100. Le reste est de l'azote.

Ammoniaque produite : 150^{kg} : h, dont 140 liquide.

Puissance totale dépensée, y compris chauffage des tubes, décarbonatation et débenzolage : 460 kilowatts; soit 3,06 kw : h par kilogramme de NH^3, dont 1,5 kilowatt-heure pour la synthèse.

Le procédé de décarbonatation physico-chimique employé doit être rem-

placé par un procédé chimique qui, employé dès maintenant, économise 70 kilowatts. D'autres économies prévues porteront la réduction à 90 kilowatts. Même en négligeant l'avantage d'appareils plus puissants, on arrive ainsi à une dépense d'énergie électrique de 2,5 kw : h par kilogramme de NH^3.

On remarquera qu'à des avantages évidents de simplicité, donc de faibles frais d'établissement et de main-d'œuvre, la méthode que je viens d'exposer joint des avantages indirects importants pour l'industrie des fours à coke. D'autre part, les gaz étant comprimés pour les besoins de l'extraction de l'hydrogène, il devient naturel d'en profiter pour effectuer entièrement sous pression le débenzolage, relever ainsi le rendement en benzol des 10 à 15 pour 100 qui échappent actuellement, tout en réduisant énormément le volume des appareils d'absorption ou de distillation et, dans la même mesure, les quantités de dissolvant, les pertes, la consommation de vapeur.

De plus, ainsi qu'il a été dit, les différents constituants du gaz se trouvent séparés et peuvent être utilisés, entre autres, l'éthylène, avec lequel on pourra arriver à fabriquer 150^{kg} à 200^{kg} d'alcool par tonne de NH^3. Or, ces deux avantages ne seront pas loin de payer, à eux seuls, la compression qui livre l'hydrogène.

Enfin, on remarquera qu'en extrayant l'hydrogène des gaz de fours à coke, c'est la partie la plus pauvre en calories qu'on élimine, de sorte que les gaz débarrassés de l'hydrogène, et représentant avec un pouvoir calorifique supérieur à 6000 calories par mètre cube les deux tiers du pouvoir calorifique initial, sont *renvoyés à la cokerie*.

Si l'on tient compte d'ailleurs de ce qu'on a, d'après ce qui précède, un intérêt évident à débenzoler sous pression la *totalité* des gaz sortant des fours, on voit que ce ne sont pas seulement les gaz actuellement superflus qui peuvent être traités mais qu'il y a lieu de traiter *tous* les gaz sortant des fours pour les débenzoler et en extraire l'hydrogène,

CHIMIE ORGANIQUE. — *Caractérisation des alcoylglycérines* [1]. Note de M. **Raymond Delaby**, présentée par M. A. Béhal.

A la suite d'une étude critique des réactions proposées jusqu'ici pour la caractérisation rigoureuse et rapide de la glycérine, M. G. Denigès [2] en

(1) Voir *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 967 et 1152.

(2) *Précis de Chimie analytique*, 5e édition, 1920, p. 151.

a établi de multiples, aussi variées qu'ingénieuses, et qui résolvent d'une façon tout à fait satisfaisante ce problème délicat de chimie analytique.

Sans poser la question de savoir si les alcoylglycérines peuvent se rencontrer dans les produits naturels (¹), il m'a paru utile de déterminer parmi les réactions celles qui demeurent réellement spécifiques de la glycérine ordinaire.

Les réactions ont été répétées sur la glycérine, désignée par G dans les tableaux suivants, et simultanément dans des conditions exactement identiques aux méthyl-, éthyl-, propyl- et butyl-glycérines, désignées par M. G., E. G., P. G. et B. G. : il est inutile de rapporter ici les détails expérimentaux qu'on trouvera minutieusement décrits dans l'Ouvrage de M. Denigès. On verra qu'un petit nombre seulement de réactions restent spécifiques, mais suffisent à l'identification rigoureuse de la glycérine dérivée du propane.

I. Réactions utilisant l'action oxydante du brome. — Cet halogène transforme la glycérine en dioxyacétone et, vraisemblablement, les alcoylglycérines en homologues de ce composé.

A. *Réactions de coloration.* — 1° Les liquides ainsi obtenus traités ensuite par l'acide sulfurique donnent, en présence de certains alcaloïdes ou phénols, les colorations suivantes dues au méthylglyoxal et probablement à ses homologues :

Réactif.	G.	M. G.	E. G.	P. G.	B. G.
Codéine...	bleue teintée de vert	vert olive clair	brun acajou foncé	brun acajou clair	jaune orangé
Résorcine..	rouge groseille	rouge cerise	rouge cerise	rouge cerise	rouge orangé
Thymol....	rouge bordeaux	rouge bord^x	jaune brun	jaune brun	jaune brun
β-naphtol..	vert émeraude	vert sale	vert sale	vert brunâtre	vert brun
	fluorescence	fluorescence	fluorescence	fluorescence	fluorescence

Avec la codéine, seule la coloration obtenue est nettement différente de celles produites par les homologues. L'examen spectroscopique des solutions confirme cette manière de voir.

2° Si l'on ajoute aux liquides d'oxydation une solution de bromure de potassium avant la déshydratation par l'acide sulfurique, on observe, en présence du brome naissant ainsi libéré, les teintes suivantes :

(¹) Voir E. André, *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, t. 31, 1922, p. 516.

Réactif.	G.	M. G.	E. G.	P. G.	B. G.
Acide salicylique..	violette	rouge violacée	rouge brunâtre	rouge brunâtre	rouge brunâtre
Salicylate de méthyle	violette	←	graduellement vers	→	rouge violacée
Gaïacol..........	bleue	violacée	noirâtre	noirâtre	noirâtre

La coloration bleue que donne le gaïacol avec la glycérine ne peut être confondue avec les teintes fournies par les homologues.

B. *Réactions hydraziniques.* — 1° Les liquides d'oxydation se prêtent aisément à la formation directe d'osazones. L'osazone formée à partir du produit d'oxydation de M. G. est d'aspect nettement différent de la glycérosazone : aiguilles franchement prismatiques rayonnant autour d'un centre ou se plaçant en croix. Les autres homologues fournissent dans les mêmes conditions des produits huileux.

2° On peut distiller les liquides d'oxydation en présence d'acide sulfurique : les distillats renferment le méthylglyoxal ou ses homologues dont on prépare les osazones. A partir de M. G., on observe une osazone en forme de feuilles de fougères, tandis que celle que donne les produits d'oxydation déshydratés de E. G. se présente en aiguilles groupées par 4 ou 5 portant parfois à leurs extrémités quelques grains arrondis en forme de massues. P. G. et B. G. donnent des produits huileux.

C. *Réactions de réduction.* — Tous les produits d'oxydation des alcoylglycérines par le brome réduisent le réactif de Nessler, la liqueur de Fehling, le nitrate d'argent sodicoammoniacal.

II. Réactions utilisant l'action oxydante du permanganate de potassium. — Aucune des réactions de ce groupe n'est spécifique de la glycérine en C^3, et l'on obtient les mêmes colorations, quelle que soit la glycérine employée, avec les réactifs suivants : codéine, résorcine, thymol, β-naphtol, gaïacol, acide salicylique, réactif de Schiff; toutes les liqueurs neutralisées réduisent à froid les réactifs de Nessler et de Fehling, et précipitent par la phénylhydrazine en milieu acétique.

En particulier, la teinte observée en présence de codéine est bleue dans tous les cas. D'après M. Denigès, cette réaction est caractéristique du méthylglyoxal : on ne peut cependant guère penser à la production de ce composé par rupture de la chaîne des quatre alcoylglycérines; il est plus vraisemblable de songer au glyoxal lui-même (ou à l'acide glyoxylique) donnant lieu à la même coloration que son homologue supérieur. M. Denigès [1] a d'ailleurs déjà obtenu avec le glyoxal « des réactions du même ordre, mais cependant moins différenciées ».

(1) *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 5, 1909, p. 651.

En effet, en dissolvant 0g,3 à 0g,4 de combinaison bisulfitique du glyoxal dans 10cm³ d'acide sulfurique au $\frac{1}{10}$, et en ajoutant une solution de MnO^4K à 2 pour 100 en quantité suffisante pour oxyder l'acide sulfureux, il se produit, en opérant comme avec le produit d'oxydation des glycérines, une coloration bleue à froid, teintée de vert après séjour au bain-marie bouillant (absorption partielle du rouge du spectre).

III. Réactions utilisant l'action oxydante du bioxyde de plomb. — Comme pour la glycérine, la chaîne carbonée des homologues est certainement coupée sous l'action de PbO^2 : il y a toujours dégagement de CO^2 et l'on perçoit aisément l'odeur de formol. Cependant, la destruction est de plus en plus difficile, de la glycérine à la butylglycérine, et, par conséquent, la quantité de méthanal produite va en décroissant.

Ces réactions ne présentent aucune spécificité : M. Denigès fait d'ailleurs observer que la production de formol paraît constante pour les divers polyalcools; mais la caractérisation de cet aldéhyde mérite d'être retenue à cause de son extrême sensibilité.

GÉOLOGIE. — *Extension des « duplicatures provençales » sous la nappe du Cheiron (Alpes-Maritimes), à l'ouest de la vallée du Var.* Note de MM. **Léon Bertrand** et **Antonin Lanquine**, présentée par M. Pierre Termier.

Au cours de nos études tectoniques sur le sud-ouest des Alpes-Maritimes, nous avons distingué une *zone des duplicatures*, s'enfonçant au Nord sous la grande nappe provençale du Cheiron. Nos publications antérieures (¹) ont indiqué les caractères et l'extension de cet empilement de plis couchés et enracinés au Sud, depuis l'ouest de Grasse jusqu'aux environs de Tourrette-sur-Loup.

Les nouvelles recherches que nous avons effectuées à la base des hauts plateaux calcaires qui dominent la rive droite du Var nous ont conduits à des résultats nouveaux. Nous avons, d'une part, observé l'extension des duplicatures jusqu'à la région frontale des charriages provençaux, vers le confluent de l'Estéron et du Var. D'autre part, nous complétons, par le

(¹) Cf. Léon Bertrand et Antonin Lanquine, *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1867; t. 158, 1914, p. 376 et 1460; — *Bull. Serv. Carte géol. France* (*C. R. Collab.* pour 1913), n° 136, t. 23, p. 179-188, 3 fig., 1914.

bas, la succession de ces plis empilés, dans leur région d'enracinement, par la reconnaissance d'une nouvelle série, inférieure aux quatre séries déjà signalées.

De plus, la grande masse de terrains secondaires charriés sur les duplicatures, masse entièrement flottante et sans connexion actuelle avec sa région d'origine, se divise, en réalité, en deux nappes superposées. L'importante série jurassique, qui constitue les hauts plateaux compris entre les villages de Saint-Jeannet et du Broc, représente une nappe supérieure à celle qui donne naissance à la Montagne du Cheiron. Nous envisagerons, par la suite, les raisons de cette distinction ; nous nous bornons ici, pour la commodité de notre exposé, à nommer la plus élevée : *nappe de l'Audibergue* et à conserver, pour l'autre, le nom de *nappe du Cheiron*.

La profonde érosion de la vallée du Var permet, sur la rive droite, de reconnaître avec netteté la superposition des diverses séries tectoniques depuis les abords du pont Charles-Albert, à 3^{km} environ au nord du confluent de l'Estéron, jusqu'à Gattières et Saint-Jeannet.

Comme nous l'avons déjà montré, la charnière frontale de la nappe du Cheiron descend de Gilette pour aboutir sur la rive droite du Var, à 1^{km} en amont du pont Charles-Albert ; elle se retrouve sur la rive gauche, fortement rejetée par le grand accident alpin du mont Vial, dans la colline qui porte le village de la Roquette. Une seconde charnière frontale formée, comme la précédente, de Trias gypseux encapuchonné de Jurassique, traverse le Var un peu en aval et se poursuit également sur la rive gauche, tout à la base, cette fois, de la colline de la Roquette.

Précédemment, nous avions considéré ces deux charnières comme des digitations frontales superposées d'une même nappe, celle du Cheiron. Nos récentes observations nous ont permis de constater que la distinction de ces deux séries tectoniques peut se faire jusqu'au Broc et, vers le Sud, au-dessus de Carros et de Gattières. Il y a donc là deux unités : la *nappe du Cheiron*, avec sa charnière frontale de Gilette, et, au-dessous, *une nappe plus basse* dont on voit le Trias gypseux reposer largement sur les calcaires et les marnes nummulitiques, depuis le confluent de l'Estéron jusqu'au village de Carros, c'est-à-dire sur plus de 3^{km}. Ce contact est ensuite masqué, au delà de Carros, par le placage des brèches et poudingues pliocènes signalé antérieurement.

Auprès du Broc, la nappe de l'Audibergue vient se superposer aux deux précédentes ; au-dessous de la série jurassique *complète* de cette nappe et du

Trias de sa base, on voit la nappe du Cheiron se réduire aux termes inférieurs du Jurassique (Bathonien, Bajocien, Hettangien, Rhétien) et au Trias, ce dernier directement placé sur l'Hettangien de la série la plus inférieure.

A partir de ce point, nous avons donc trois séries superposées qu'il est intéressant de comparer aux ensembles distingués au nord de Grasse. Les deux nappes supérieures, Audibergue et Cheiron, correspondent respectivement aux deux grands plateaux de Cipières et de Caussols; la nappe la plus basse se rattache à la série jurassique de Gourdon, c'est-à-dire à la plus élevée de nos duplicatures. Il convient vraiment d'attribuer le nom de nappe à cette dernière unité, enracinée cependant, comme nous le verrons, car son enfoncement sous les deux autres est de 10^{km} au minimum.

En continuant les observations au pied des plateaux de la rive droite du Var, après l'interruption causée par le placage pliocène, nous avons retrouvé, aux abords de Gattières, une quatrième série formée d'Hettangien, Rhétien et Trias, inférieure aux trois précédentes et dont la base est aussi cachée par du Pliocène. De toute manière, il est certain qu'il existe, en ce point, une autre duplicature inférieure dont l'avancée vers le Nord a été moins accentuée, car il n'y en a pas trace à Carros.

A Saint-Jeannet, en descendant des Baous (nappe de l'Audibergue), on trouve, sous l'Hettangien de cette série, une mince bande de Bajocien, Hettangien et Rhétien qui représente la nappe du Cheiron, reposant sur des marnes grises vraisemblablement nummulitiques. Ces marnes surmontent une nouvelle série Hettangien-Rhétien, prolongement de la duplicature supérieure, qui repose sur un autre affleurement de marnes semblables aux précédentes. Les relations de cet ensemble sont ensuite masquées, vers le Sud, par les dépôts pliocènes et miocènes postérieurs aux grands accidents pyrénéo-provençaux.

A la base de la grande nappe, on suit toutefois la continuité de séries tectoniques analogues, très laminées, jusqu'au nord de Vence et au delà (Saint-Raphaël, le Jas neuf).

A l'ouest et au sud-ouest de Tourrette, on observe la plus complète succession visible dans la région, grâce à l'interruption des mollasses miocènes d'une part, et à la profonde érosion du Loup entre les deux gorges qui encadrent sa moyenne vallée, d'autre part. Nous avons indiqué antérieurement qu'à partir de la duplicature supérieure qui porte le village de Gourdon, il existe, en descendant par le Bar, quatre séries superposées. Elles présentent toutes, à la base, du Rhétien et du Trias supérieur. La plus élevée comprend une série jurassique complète et le Crétacé de Gourdon et de la Malle; la

deuxième correspond au Jurassique de la Sarée; la troisième comprend le Jurassique inférieur qui domine le Bar; la quatrième se termine par l'Hettangien qui porte cette localité et, au-dessous de son Trias, de récentes observations nous ont montré, au bas du vallon d'Escures, une cinquième série représentée par une superbe voûte d'Hettangien formant une fenêtre complètement isolée. Ce serait le terme le plus inférieur de cet empilement. Il faut noter ici que la vallée du Loup, vers l'aval, traverse même, à la base de la troisième série, des calcaires du Muschelkalk, très broyés, qui se poursuivent sous le château du Rouret, dans la zone d'enracinement dont nous avons exposé les caractères essentiels.

Ce même régime de duplicatures superposées se retrouve à l'extrême limite sud-ouest de la région étudiée, aux environs de Mons. On observe là, en effet, quatre séries jurassiques empilées, au-dessous de la nappe de l'Audibergue et de celle du Cheiron, représentée par le Thiey. Même en faisant la part de répétitions possibles dues à des répercussions alpines, il reste certainement trois duplicatures avant d'atteindre le bord sud de la feuille de Nice.

MÉTÉOROLOGIE. — *La sécheresse en Italie pendant l'année* 1921. Note [1] de M. **Filippo Eredia**, présentée par M. Ch. Lallemand.

En règle générale, la distribution annuelle des précipitations atmosphériques présente, en Italie, une allure caractérisée, savoir : dans les régions méridionales et particulièrement dans les îles, par un maximum en hiver et un minimum en été; dans les régions septentrionales, par deux maxima, l'un au printemps, l'autre en automne, et deux minima, l'un en hiver, et l'autre en été.

Durant l'année 1921, l'allure des pluies s'est écartée complètement de la normale. D'après les observations recueillies en diverses villes d'Italie, choisies de manière à représenter le régime pluviométrique des différentes régions du pays, les chutes de neige, en janvier et février, furent peu importantes; mais, au printemps, des pluies abondantes survinrent, qui suffirent à rétablir le débit des cours d'eau; pendant la saison chaude, elle furent, dans l'ensemble et contrairement à la règle, supérieures à la normale.

En septembre, on observa une diminution des pluies, qui s'accentua

---

(1) Séance du 15 janvier 1923.

davantage encore durant les mois d'octobre, novembre et décembre, où les pluies manquèrent même presque totalement dans plusieurs localités. Par suite, le maximum automnal régulier ne se réalisa pas et fit place à un très fort minimum, qui s'étendit même sur les mois suivants.

D'après la distribution barométrique de l'année 1921, la persistance des pressions élevées sur l'Europe centrale paraît due aux déplacements de l'anticyclone de Sibérie et de l'anticyclone atlantique qui, se mouvant en sens contraires, se sont rejoints et ont formé une barrière où sont venues se buter les dépressions atlantiques, causes habituelles des précipitations atmosphériques.

Ces dépressions se sont transportées à des latitudes plus élevées, pendant que d'autres dépressions, plus intenses, intervenant dans la Méditerranée où le baromètre était moins élevé, y provoquaient des minima secondaires, déterminant des chutes de pluie dans les régions centrales et méridionales de l'Italie.

Les régions septentrionales, en revanche, furent peu touchées par ces dépressions, le large anticyclone européen ayant empêché le déplacement de ces dernières vers la vallée du Pô et les régions avoisinantes, où souvent, quand elles y sont poussées, elles déterminent des précipitations abondantes, provoquées par les vents méridionaux.

Sur les régions centrales de la péninsule et dans les îles méditerranéennes, on a relevé des conditions favorables à la pluie, parce que, grâce au déplacement de l'anticyclone des Açores, plusieurs dépressions, légères il est vrai, ont pu aborder les côtes du Maroc et y déterminer des pluies, en se transportant vers la mer du Levant.

D'autres petites dépressions, venues de Tripolitaine et de la Syrte, ont pu, dans le même temps, atteindre le bassin méridional de la Méditerranée et y amener également quelques précipitations.

En examinant les données recueillies à Padoue et à Milan, les deux localités où l'on possède les plus longues séries d'observations pluviométriques, j'ai constaté que, depuis 191 ans, il n'a jamais été relevé, dans le trimestre d'octobre à décembre, une hauteur totale de pluie comparable à celle tombée en 1921.

Si l'on examine les périodes où la hauteur totale de la pluie tombée a été inférieure au tiers de la hauteur normale, on observe que, dans le passé, les mois d'hiver ont, en général, coïncidé avec des périodes de sécheresse, mais sans toutefois que celles-ci aient jamais atteint l'intensité de celle constatée d'octobre à décembre 1921.

Si l'on considère, d'autre part, les périodes caractérisées par une absence complète de pluies, on trouve, pour Milan, deux périodes plus longues, l'une de 97, l'autre de 60 jours consécutifs presque sans pluie, s'étendant, la première du 13 janvier au 19 avril 1854 et l'autre du 1er janvier au 22 mars 1878.

Mais une aussi longue période de sécheresse ne s'est jamais, dans le passé, réalisée au mois d'octobre. La période d'octobre à décembre 1921 peut se comparer à celle observée à la même époque, en 1866, tandis que les autres périodes sèches, d'ailleurs toutes inférieures à celles de 1921, se sont manifestées durant les mois d'hiver ou de printemps.

Si l'on examine la distribution des pressions barométriques en Italie, pendant les périodes de sécheresse, on arrive à la conclusion que ces périodes sont caractérisées par des pressions très élevées sur l'Europe centrale; dans ces conditions, les dépressions atlantiques et celles nées dans le nord de l'Afrique peuvent atteindre directement la Méditerranée et y amener des pluies, spécialement dans les régions méridionale et centrale du bassin.

L'excessive sécheresse de 1921, contrairement à ce qui s'était produit pour celles précédemment observées, semble pouvoir être attribuée à la persistance des basses pressions dans la mer du Levant.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'influence de l'hexaméthylènetétramine et de l'aldéhyde formique sur la morphologie interne et sur le chimisme du haricot.* Note de MM. **E.** et **G. Nicolas**, présentée par M. E. Leclainche.

Nous avons montré récemment [1], que l'hexaméthylènetétramine et l'aldéhyde formique, ajoutés à faible dose au milieu nutritif de Knop étaient utilisés, *comme aliments*, par le haricot.

On pouvait soupçonner qu'aux modifications apportées par ces corps dans la morphologie externe du végétal correspondaient une structure anatomique et un chimisme particuliers. Ce sont les résultats fournis par l'étude microscopique de haricots (variété souvenir de Dreuil), cultivés en 1921 dans les conditions indiquées antérieurement, que nous rapportons ici.

Hexaméthylènetétramine. — Dans la tigelle et dans la tige, aux concentrations de

[1] E. et G. Nicolas, *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 836-838, 1437-1439, et *C. R. Soc. de Biologie*, t. 87, 1922, p. 1315-1318.

0,1 à 0,25 pour 1000 de solution nutritive, cette substance favorise *nettement le développement du bois secondaire*, qui est plus abondant et plus lignifié, comme l'indique le traitement des préparations par la phloroglucine en solution chlorhydrique [1]; dans la tige, en outre, pour les mêmes doses, les cellules du péricycle sont plus différenciées, à parois plus épaisses que celles du témoin, tendant à constituer un anneau continu, au lieu de rester localisées en face des faisceaux primaires comme dans le témoin. A partir de 0,5 pour 1000, dose déjà toxique, l'action favorable sur le développement du bois et sur la différenciation du péricycle continue à se manifester, avec un peu moins d'intensité cependant, mais le liber secondaire est moins abondant; les doses les plus élevées que nous avons utilisées entraînent une formation abondante de poils épidermiques.

Aux doses faibles, l'hexaméthylènetétramine ne semble pas avoir d'action bien nette sur la structure de la feuille, à moins qu'elle ne soit la cause d'une production un peu plus abondante du bois et du liber chez le haricot cultivé en milieu aminé à 0,25 pour 1000.

Si l'hexaméthylène tétramine, aux concentrations de 0,1 à 0,25 pour 1000 n'a pas d'influence bien nette sur la *formation de l'amidon* dans la racine et dans la tigelle, *elle favorise nettement le dépôt de cet hydrate de carbone* dans la tige, à la périphérie de la moelle, où il est très abondant dans le bois secondaire, le liber primaire et l'endoderme, alors que le témoin n'en contient, et beaucoup moins, que dans la moelle et le bois. Aux doses toxiques, on ne constate la présence d'amidon dans aucun des organes précédents.

Dans la feuille, seules les cellules stomatiques contiennent de l'amidon, aussi bien dans le témoin que chez les haricots cultivés en présence des différentes doses d'hexaméthylènetétramine.

Aldéhyde formique. — Ajoutée au liquide nutritif, à la dose de 0g,321 pour 1000, la solution ordinaire d'aldéhyde formique (formol) provoque, dans la tigelle et dans la tige, *un plus grand développement et une lignification plus prononcée du bois secondaire*, qui contient des fibres, alors que le témoin en est dépourvu, et une différenciation plus accentuée des cellules du péricycle, lignifiées en face des faisceaux primaires et qui tendent même à former une gaine continue autour du cylindre central. A la dose, déjà toxique, de 0,803 pour 1000, les tissus sont à peu près au même état de différenciation que ceux du témoin.

A la concentration de 0,321 pour 1000, le formol favorise l'*amylogenèse* dans la racine, la tigelle et la tige. Ainsi, tandis que le témoin ne renferme d'amidon ni dans la racine, ni dans la tigelle, mais seulement en petite quantité à la périphérie de la moelle et dans le bois secondaire de la tige, la plante, cultivée en présence de la dose indiquée, renferme un peu d'amidon dans la moelle de la racine, beaucoup à la périphérie de la moelle et dans le bois secondaire de la tige et de la tigelle. Aux doses toxiques (0,803 pour 1000), l'amidon est réparti à peu près comme dans le témoin.

---

(1) Ce réactif de détermination qualitative et d'identification des lignocelluloses donne la coloration fuchsine qui caractérise les pentoses et certaines substances du groupe du furfurol, provenant de la cyclisation de ces sucres.

L'action du formol sur la feuille est du même ordre que celle de l'hexaméthylènetétramine.

L'hexaméthylènetétramine et l'aldéhyde formique sont donc bien, à des doses faibles, *des aliments* pour le haricot. Ces substances provoquent, en effet, *non seulement une augmentation du poids* de cette plante et *un grand développement des feuilles en surface*, mais elles sont utilisées, en outre, *pour la différenciation et même la lignification du bois et du péricycle, ainsi que pour la formation de l'amidon.*

En raison de l'analogie qui se manifeste dans l'influence qu'exercent ces deux produits sur la morphologie et sur le chimisme du végétal, il nous semble logique d'admettre que l'hexaméthylènetétramine agit, pour produire les effets que nous avons constatés, surtout par l'aldéhyde formique qu'elle contient en puissance et qu'elle est capable de libérer par hydrolyse. Mais alors que le méthanal est nocif pour le végétal à la concentration de 0,312 (0,803 de formol) pour 1000, correspondant à environ 0,24 pour 1000 d'hexaméthylènetétramine, celle-ci, à cette dernière concentration, est utilisée par le haricot; on constate que, même aux doses toxiques, elle favorise encore la différenciation du bois et du péricycle.

Sans que nous puissions, à l'heure actuelle, préciser l'influence des substances en question sur la lignification, nous ferons observer, toutefois, que, si l'un des traits caractéristiques de celle-ci consiste dans la présence du groupe méthoxyle ($O.CH^3$), considéré, depuis les recherches de Benedikt et Bamberger, comme une constante chimique de ce phénomène [1], il n'est pas impossible que l'aldéhyde formique, absorbé par le végétal ou tiré par lui de l'hexaméthylènetétramine qui lui est offerte, outre la polymérisation qu'il subit et qui aboutit aux hydrocarbonés, intervienne aussi dans la formation des groupements méthoxyle, favorise, par suite, celle des lignocelluloses et notamment de la lignone ou lignine, dont ces substances sont en partie constituées. Ce n'est là qu'une hypothèse, mais une hypothèse qui ne nous paraît pas dénuée de fondement.

Quoi qu'il en soit, cette action spéciale sur la lignification, et celle exercée sur l'amylogenèse, nous ont paru intéressantes à signaler. Ce sont deux faits nouveaux, dont le dernier constitue un argument de plus en faveur de la théorie formaldéhydique de la photosynthèse végétale. A propos de l'amylogenèse, on a bien observé, il est vrai, la production

(1) Nous rappellerons la grande teneur en alcool méthylique des produits de la distillation des lignocelluloses.

d'amidon chez des végétaux inférieurs à partir de l'aldéhyde formique, qui leur était fourni artificiellement, mais il n'en a pas été de même chez les plantes supérieures. Nous rappellerons, en effet, que Mazé et Perrier [1] n'ont pas constaté la production d'amidon par différentes phanérogames (maïs, lilas, troène, clématite des haies) préalablement désamidonnées par un séjour à l'obscurité et placées ensuite, à l'obscurité, sur des solutions d'alcool méthylique (2 à 4 pour 100). Cet insuccès est peut-être dû à ce que les doses employées étaient trop fortes; c'est, du moins, une explication que sembleraient confirmer nos cultures de haricots en présence de doses toxiques, doses qui empêchent plus ou moins le dépôt d'amidon de se constituer.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Le déterminisme physiologique du réflexe accommodatif de l'œil.* Note de M. **A. Polack**, présentée par M. J.-L. Breton.

La physiologie nous enseigne que l'accommodation de l'œil aux différentes distances s'opère en dehors de notre volonté par la contraction du muscle ciliaire, muscle à fibres lisses.

Cet acte réflexe a son point de départ dans la rétine ou, plus exactement, dans les cercles de diffusion, produits sur la fovéa par les objets situés à une distance à laquelle l'œil n'est pas accommodé au moment où ils attirent notre attention.

Mais ici une question se pose : comment les mêmes cercles de diffusion peuvent déclencher des réflexes de sens contraires, déterminant tantôt une contraction, tantôt un relâchement du muscle ciliaire. Dans un œil normal et jeune l'effet se produit avec une telle rapidité qu'il est difficile d'admettre l'hypothèse d'un processus de tâtonnement, plus ou moins comparable à celui qui accompagne la mise au point habituelle de l'image photographique.

Lorsque nous examinons l'image floue qui se forme sur la glace dépolie d'un appareil photographique, avant la mise au point exacte, nous ne trouvons dans les cercles de diffusion, à moins d'un objectif mal corrigé, aucune indication sur la position de l'image nette et ce n'est que par tâtonnement

(1) Mazé et Perrier, *Recherches sur l'assimilation de quelques substances ternaires par les végétaux à chlorophylle* (*Annales de l'Institut Pasteur*, t. 18, 1904).

que nous arrivons à faire tomber celle-ci sur le plan de la glace. En effet un objectif, soigneusement corrigé de toutes les aberrations ne donne aucun caractère distinctif spécial aux cercles de diffusion, que ceux-ci se produisent par excès ou, au contraire, par insuffisance de tirage de la chambre noire. Mais dans l'œil les choses se passent tout autrement.

L'œil n'est pas toujours corrigé de l'aberration sphérique et il ne l'est jamais de l'aberration chromatique. De ce fait, les cercles de diffusion diffèrent notablement suivant que l'image se forme en avant ou en arrière de la rétine. Dans le premier cas, le cercle, en lumière monochromatique, est plus clair au centre que sur les bords; dans le second cas, ce sont, au contraire, les bords qui présentent le maximum de clarté et entourent d'un anneau lumineux la zone centrale plus sombre. Lorsque la lumière employée contient toutes les radiations du spectre, comme la lumière blanche, le cercle de diffusion se complique par la dispersion; il est, dans le premier cas, auréolé de bleu violet, tandis que, dans le second, il s'entoure d'un liséré rouge.

Il y a donc là, dans les cercles de diffusion de l'œil, des différences appréciables, des caractères distinctifs suffisants pour déterminer le sens du réflexe accommodatif et permettre à celui-ci de s'exercer avec sûreté et rapidité.

Mais l'aberration de sphéricité de l'œil est inconstante, elle varie d'un œil à l'autre, d'un état accommodatif à l'autre; elle peut, dans certains cas, être nulle et même négative. Dans ces conditions, il est impossible de lui donner une attribution précise dans l'acte visuel.

Par contre, l'aberration chromatique existe dans tous les yeux, dans tous les états de l'accommodation et présente toujours le même sens. Il est donc logique de voir en elle le facteur principal exerçant une action déterminante dans le déclenchement du réflexe accommodatif.

Dans cet ordre d'idées, le chromatisme de l'œil, que l'on considère encore comme un simple défaut optique, a, au contraire, un rôle utile, une attribution fonctionnelle importante et mérite d'être classé parmi les facteurs physiologiques de la vision.

CYTOLOGIE. — *Conséquences cytologiques de l'abaissement du* P_H *extérieur sur l'évolution de l'œuf d'Oursin.* Note de MM. **J. Dragoiu**, **F. Vlès** et **M. Rose**, transmise par M. Henneguy.

Comme nous l'avons vu dans une Note précédente (1) l'abaissement du P_H extérieur est susceptible de produire une inhibition de la division de l'œuf d'Oursin, dans des conditions déterminées et assez étroites. Nous avons cherché à mettre en évidence les répercussions cytologiques de ce phénomène expérimental. L'examen *in vivo* et sur coupes des œufs ayant séjourné un temps plus ou moins long (d'une demi-heure à 5 heures) dans les eaux de mer acidifiées, décrites précédemment, aboutit aux résultats suivants.

Les phénomènes cytologiques extérieurs et intérieurs de la division se modifient en suivant une marche régulière, par étapes de dégradations successives, dont l'installation dépend de l'abaissement réalisé sur le P_H et du temps de séjour de l'œuf dans la solution. Pour les P_H les plus élevés les altérations, dans les limites de temps expérimentales, sont légères et ne dépassent pas les premières zones de dégradations; pour les P_H les plus faibles au contraire l'œuf réalise presque immédiatement les modifications les plus extrêmes. Tous les degrés intermédiaires se voient entre ces deux types d'évolution.

On peut grouper en trois zones les processus successifs de dégradations :

1° *Retards d'évolution*, portant sur la division externe du cytoplasme et les phénomènes nucléaires intérieurs, et amenant des discordances dans leur synchronisme. La division externe est plus vite touchée, la division nucléaire pouvant continuer seule sa marche (avec retard sur les témoins), ce qui aboutit à des polycentries, des divisions anormales (2) et des irrégularités sur la vitesse d'évolution des différents embryons d'un même lot. Des asters accessoires se montrent. Dans les cas extrêmes, le retard va jusqu'au blocage simultané de la division cytoplasmique et de l'évolution nucléaire.

2° *Altérations de structure.* — Puis apparaissent des modifications de struc-

---

(1) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 133.

(2) Ces figures anormales apparaissent plus tôt dans les P_H forts (7) que dans les P_H faibles (6 et 5) où le retard d'évolution est plus grand.

ture du cytoplasme et de l'appareil nucléaire. Le cytoplasme devient granuleux, avec, dans les cas accentués, inversion des propriétés tinctoriales. Les rayons des asters principaux perdent leur netteté et se transforment en zones granuleuses; ces asters se resserrent, le fuseau se raccourcissant et pouvant même s'effacer. Le centrosome peut se diviser (?). Le pigment des œufs, au lieu de rester diffus, se rassemble en plages limitées. D'autre part les chromosomes se rapprochent les uns des autres, s'agglutinent, puis se fondent en un *paquet noir* unique, d'abord allongé puis sphérique.

3° *Phénomènes de cytolyse.* — Concurremment aux phénomènes précédents se sont montrés très tôt, dans les P_H faibles, divers symptômes préliminaires de cytolyse (équivalents à ceux décrits par Loeb [1] pour des œufs d'Oursin traités par des agents hémolytiques; par Spaulding [2], Herlant [3] pour des œufs traités par des acides forts) : la membrane de l'œuf s'est décollée avec expulsion de boules sarcodiques du cytoplasme. Finalement, dans les stades tout à fait extrêmes où le paquet noir est déjà formé, ces mêmes boules sarcodiques se résolvent en une émulsion fine, le diamètre de l'œuf subit une diminution notable, et la cytolyse franche apparaît.

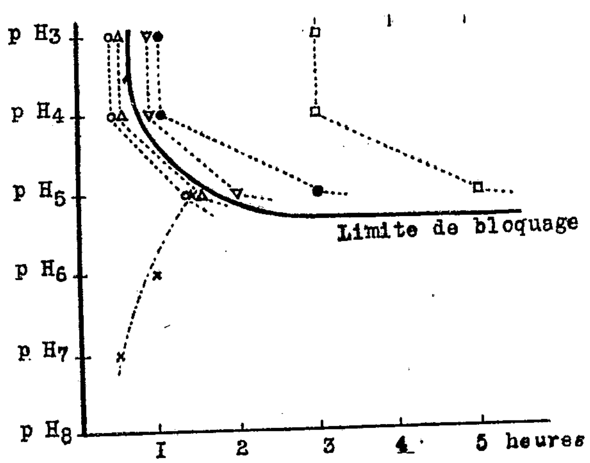
Une étude équivalente faite sur les stades suivants (2e et 3e divisions) montre des phénomènes analogues, avec cependant une apparence de résistance plus grande aux lésions de la part de l'embryon; les modifications sont moins accusées et en particulier il n'y a pas de boules sarcodiques.

Le Tableau ci-après résume l'ordre d'apparition de ces différents processus en fonction de P_H et du temps de séjour, et le diagramme reproduit les courbes correspondantes.

I.	Temps d'apparition (en heures) dans les solutions de P_H. P_H : 7.	6.	5.	4.	3.
Perturbations dues au retard du cytoplasme sur la division nucléaire; polycentries, asters accessoires, etc.	1/2	1/2	1/2	»	»
Divisions anormales en trois inégalités	1/2	1	1,1/2	»	»
Blocage extérieur	»	»	2	1	1
Blocage intérieur	»	»	2	1	1

(1) Loeb, *Pflüger's Archiv*, 1908.
(2) Spaulding, *Biol. Bull.*, 1904.
(3) Herlant, *Arch. de Biol.*, 1920.

	Temps d'apparition (en heures) dans les solutions de P_H.				
P_H :	7.	6.	5.	4.	3.
II.					
Cytoplasme granuleux	»	»	1, 1/2	1/2	1/2
Rassemblement du pigment	»	»	1, 1/2	1/2	1/2
Asters principaux en zones granuleuses	»	»	1, 1/2	1/2	1/2
Asters resserrés, disparition du fuseau	»	»	2	1	1
Les chromosomes se rassemblent et s'agglutinent	»	»	3	1	1
III.					
Décollement de la membrane, apparition des boules sarcodiques	»	»	»	1/2	1/2
Cytolyse finale	»	»	5	3	3



×, divisions anormales en trois; ○, cytoplasme granuleux; Δ, asters granuleux, rassemblement du pigment; ▽, resserrement des asters, disparition du fuseau; ●, agglutination des chromosomes; □, cytolyse.

Il est intéressant de noter l'analogie de ces évolutions, au moins dans les grandes lignes, avec les altérations que nous avons déjà vues dans le blocage osmotique des œufs ([1]). En particulier, l'évolution des asters et l'apparition du *paquet noir* se retrouvent. Aux deux modifications différentes du milieu extérieur, élévation de la pression osmotique et abaissement du P_H, l'œuf a répondu par un mécanisme intérieur analogue.

([1]) DRAGOIU et VLÈS, *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1210.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'uréase des Champignons.* Note de MM. A. Goris et P. Costy, présentée par M. Guignard.

L'uréase, ferment hydratant de l'urée, a des origines diverses : on la rencontre chez les Bactéries, les Champignons et chez quelques familles de Phanérogames, les Légumineuses en particulier.

L'uréase des Bactéries a fait l'objet d'une étude très approfondie de la part de Miquel (¹). Chez les Phanérogames, l'uréase du *Soja* a été étudiée tout d'abord par Takeuchi (²), puis plus spécialement par Armstrong et Horton (³).

Nos recherches ont porté exclusivement sur l'uréase des Champignons supérieurs, en particulier celle que l'on trouve dans le *Boletus edulis* Bull.

Action de la chaleur. — L'uréase des Champignons résiste facilement à l'action de la chaleur; elle n'est détruite en effet que vers 76°. Si l'on soumet à l'hydrolyse une solution d'urée maintenue à des températures progressivement croissantes, on constate que l'activité de la diastase augmente de 30° à 38°, température optimum d'action, et que l'hydrolyse devient de plus en plus faible à mesure que l'on se rapproche de 76°.

Action des acides. — Les acides minéraux et organiques agissent énergiquement sur l'uréase. A doses faibles, ils paralysent son action ou même la tuent. Au point de vue de leur activité, les acides chlorhydrique et sulfurique sont sensiblement identiques. Parmi les acides organiques étudiés, les acides tartrique, lactique, citrique et acétique ont une action de plus en plus faible.

L'action de l'acide est d'autre part fonction du pouvoir diastasique du ferment employé : c'est ainsi qu'une uréase préparée à partir de tubes jeunes de Bolets résiste plus énergiquement qu'une uréase préparée à partir de tubes âgés; 2^{cm^3} d'acide chlorhydrique $\frac{n}{10}$ pour 100^{cm^3} de solution arrêtent

(¹) P. Miquel, *Étude sur la fermentation ammoniacale et sur les ferments de l'urée* (*Thèse*, Paris, 1898).

(²) Takeuchi, *Einige techn. Anwendung. der Urease* (*Chem. Zeit.*, t. 35, 1911, p. 408).

(³) Armstrong et Horton, *Studies on Enzyme Action Urease. A selective Enzyme* (*Proc. Roy. Soc.*, série B, t. 85, 1912, p. 109-127).

l'action d'une uréase vieille, alors qu'il faut 3^{cm^3} de ce même acide pour tuer dans les mêmes conditions un ferment jeune.

La chaleur influence également l'énergie de ces acides et les résultats sont beaucoup plus rapides à $+37^{\circ}$ qu'à la température ordinaire.

Le Tableau suivant permet de se rendre compte de la limite d'action des acides minéraux et organiques envisagés; les solutions acides employées ont été des solutions décinormales.

	Nombre de centimètres cubes d'acide $\frac{n}{10}$ pour 100^{cm^3} de solution	
	permettant encore l'action du ferment à $+37^{\circ}$.	tuant le ferment à $+37^{\circ}$.
Acide chlorhydrique...	2,5	3
» sulfurique......	2,5	3
» tartrique........	5	5,5
» lactique........	6,5	7
» citrique........	8	8,5
» acétique........	30	35

Action des alcalis. — L'action des solutions alcalines sur l'uréase est moins brutale que celle des acides. L'une des plus intéressantes à étudier était celle de carbonate d'ammoniaque. On a prétendu en effet que l'hydrolyse de l'urée par l'uréase de *Soja* était fortement retardée par suite de l'alcalinité de la liqueur. Il ne semble pas, cependant, que le carbonate d'ammoniaque ait une grande influence sur l'uréase des Champignons et son action n'est en tout cas que faiblement retardatrice. Si on la compare en effet à celle d'une solution de soude ou de carbonate de soude, on voit qu'une liqueur $\frac{n}{10}$ de cet alcali, dans la proportion de 10^{cm^3} pour 100^{cm^3} de solution, annihile presque complètement l'action du ferment, alors qu'une dose 10 fois plus forte de carbonate d'ammoniaque retarde à peine la marche de l'hydrolyse.

Action des sels neutres. — Les sels envisagés ont été : les chlorures de potassium, sodium, ammonium, calcium; les sulfates de potassium, sodium, ammonium, calcium et magnésium; les azotates de potassium, sodium, ammonium, calcium.

Dans ces essais, on constate que, si la nature du sel joue un rôle dans l'hydrolyse de l'urée, l'élément important qui intervient surtout est la base.

Parmi les sels étudiés, ceux de calcium ont une action très retardatrice, puis viennent, dans un ordre décroissant, ceux de sodium, potassium, ammonium et magnésium.

Action des antiseptiques. — D'une manière générale, les antiseptiques agissent très énergiquement sur l'uréase des Champignons et leur action est en tous points comparable à celle qu'ils exercent sur les autres ferments.

ZOOLOGIE. — *Sur la faune de pénétration des rivières du Sud-Tunisien.* Note de M. **L.-G. Seurat**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

L'origine de la faune des eaux continentales est l'un des problèmes les plus attrayants de la géographie zoologique. A ce propos, les observations qui suivent, relatives à la faune de pénétration des rivières du Sud-Tunisien, nous paraissent intéressantes à relater.

Rivière artésienne d'Adjim (île Djerba). — L'île de Djerba est caractérisée par la faiblesse de son relief; le point culminant, les collines argileuses de Guallala, ne dépassant pas 53^m, et par l'absence de tout cours d'eau naturel (1). Par contre, deux ruisseaux ont été créés à la suite du forage de deux puits artésiens.

Le premier de ces puits, creusé dans le sud-ouest de l'île, à Houmt Adjim, a une profondeur de 232^m et donnait au moment du forage, en mai 1893, un débit de 10000^l à la minute, tombé depuis à 1200^l, d'une eau sortant à la température de 33° et qui a donné à l'analyse faite par le Service des mines de la Direction générale des Travaux publics de la Régence :

Résidu fixe : $5^g,784$.

---

(1) Les cartes marines mentionnent, sous le nom d'oued Zebib, une rivière coupant la route d'Adjim à Hara Sghira; Valéry Mayet (1887) en parle comme d'une rivière souvent souterraine, coulant du NE au SO et aboutissant non loin d'Adjim. En réalité, il ne s'agit pas d'une rivière permanente, mais d'une dépression entourée de coteaux garnis de vignes dont le fruit est consommé à l'état de raisin sec (*zebib*, nom arabe du raisin sec) où viennent se rassembler et s'écouler les eaux de pluie durant l'hiver. L'eau des puits artésiens de Djerba viendrait des Matmata, en passant sous le chenal qui sépare l'île du continent.

Corps dosés : chaux 0g,545; acide sulfurique, 1g,365; magnésie, 0g,90; chlorure de sodium, 2g,718.

Cette eau, impropre à la consommation de l'homme en raison de sa forte salure, mais acceptée par les animaux et utilisable pour l'irrigation des plantations de Dattiers, est renvoyée à la mer par un ruisseau de 1m de largeur et de 600m de parcours, à courant très rapide, empêchant la formation d'une barre; à marée basse de vive eau (amplitude des marées de vive eau : 1 mètre), la rivière poursuit son chemin à travers la vase sableuse à Cérithes, découverte sur une cinquantaine de mètres, en y creusant un sillon jalonné par de nombreuses coquilles de Mélanies entraînées par le courant; à marée haute, le flux s'avance dans le lit inférieur de la rivière qu'il remplit à pleins bords, entraînant avec lui de jeunes Muges (autres que le Muge chélon).

Les berges de ce ruisseau sont garnies de *Cyperus distachyos* Allioni et, dans les parties basses, de *Juncus maritimus* Lmk.; le fond vaseux est abondamment couvert d'une végétation de *Ruppia rostellata* Koch, Zostéracée des eaux thermales salées, associée par places à des Entéromorphes.

La faune de ce ruisseau établi depuis 30 ans à peine est, il va sans dire, d'un prodigieux intérêt en raison de sa pénétration récente; elle est d'ailleurs relativement pauvre et formée, en majeure partie, d'espèces nettement thalassoïdes.

Les Vertébrés sont représentés par deux Poissons, l'Anguille (*Anguilla vulgaris* Turton) et le Muge à grosses lèvres (*Mugil chelo* Cuvier). Les Piballes ou Anguilles de montée abondent dans la vase couverte de *Ruppia*, les plus petits spécimens que j'ai observés en octobre atteignent une taille de 71mm; les Anguilles de plus grande taille se cachent dans des trous creusés dans les berges, le spécimen le plus grand que j'ai capturé atteignant 400mm de longueur. Les Muges ne dépassent pas une taille de 115mm (y compris la nageoire caudale).

Le seul Mollusque qui peuple la rivière d'Adjim, le *Melania tuberculata* Muller, y est d'une abondance extrême; les spécimens de cette provenance sont remarquables par leur faible taille, sans doute en rapport avec la thermalité de l'eau : les plus grands individus ne dépassent pas 19mm de hauteur, tandis que ceux de l'oued Gabès atteignent 27mm. Le *Melania tuberculata* est commun dans les rivières du continent, en particulier dans l'oued Gabès, et son introduction à Djerba doit être imputée aux Oiseaux d'eau. Le *Cardium edule*, qui abonde dans la vase sableuse du littoral de l'île, non

seulement ne pénètre pas dans la rivière d'Adjim, mais encore se tient à une certaine distance de son estuaire.

Les Crustacés sont représentés par un seul Sphæromien : le *Sphæroma Rissoi* Heller, qui abonde sous les pierres. Je n'ai trouvé aucun Amphipode dans la rivière proprement dite; par contre, l'*Orchestia gammarella* (Pallas) [Syn. *Orchestia littorea* Montagu] se montre avec une profusion extrême dans la partie supérieure des berges, au milieu des racines du *Cyperus distachyos*, associé à des Cloportes et à un Coléoptère, le *Cyclonotum hispanicum* Küst. L'*Orchestia gammarella* est d'ailleurs une espèce franchement terrestre, trouvée par M. Chevreux dans la terre humide, au Croisic, au Cap de Garde (Bône) et au bord d'une source, à 100^m d'altitude, dans l'îlot de la Galite; Raphaël Blanchard l'a recueillie à Sidi Yahia, au sud de Biskra, dans la terre humide d'un fossé; je l'ai observée au Cap Caxine (Alger) dans une anfractuosité de la falaise où suintait de l'eau douce et à Rusguniæ (baie d'Alger) vivant sous les pierres, sur les bords d'une petite falaise, en compagnie de l'*Orchestia mediterranea* Costa et d'un Iule du genre *Schizophyllum*.

Les Insectes aquatiques sont pauvrement représentés dans la rivière d'Adjim par un Hydrophilide, le *Laccobius gracilis* Motsch. et par des larves de Chironome, d'Éphémère et de Libellule; j'ai capturé sur les rives une Libellule, l'*Orthetrum chrysostigma* Burmeister. Le Dr Ch. Nicolle a observé, au début du mois de juin 1907, dans les eaux provenant du débordement de l'oued, les larves du *Pyretophorus chaudoyei* (Theobald); la présence de ces larves coïncidait avec un foyer de paludisme, éteint depuis, dans cette région.

Rivière artésienne de Zargis. — Si nous comparons à la rivière artésienne d'Adjim le ruisselet de déversement du puits artésien n° 2 de l'oasis de Zarzis, qui date sensiblement de la même époque (1891), on voit que ce ruisselet (eau salée à 3g NaCl) qui a un parcours d'environ 800^m, est arrêté à son embouchure par une forte barre; la faune ne comporte que des Anguilles.

Ce sont également ces Poissons qui constituent les seuls représentants de la faune macroscopique de la rivière artésienne d'Houmt Souk (île Djerba), d'établissement beaucoup plus récent (date du forage 1911; profondeur du puits 241^m).

L'eau du puits d'Houmt Souk, dont le débit actuel est de 13 litres à la seconde, se rend à la mer par un fossé de 2^{km} de longueur, encombré par places d'une végétation assez riche d'Entéromorphes. Sa vitesse est très ralentie dans la moitié inférieure de son cours; quelques petits Muges envahissent l'embouchure avec le flux.

Oued Gabès. — Il est intéressant de constater que la faune d'une grande rivière naturelle du Sud-Tunisien, telle que l'oued Gabès, n'est guère plus riche que celle du

ruisseau d'Adjim. Ses éléments ne comprennent guère, en outre des espèces citées pour celui-ci, que le *Cyprinodon fasciatus* Val., divers Prosobranches, *Melanopsis pseudoferussaci* Pallary, *Neritina numidica* Recluz et *Amnicola dupotetiana* Terver, une Crevette, le *Palæmonetes varians* Leach qu'on observe dans le cours supérieur de l'oued associée au *Sphaeroma rugicauda* Leach et à une variété locale du *Gammarus Simoni* Chevreux (1). Les Insectes aquatiques y sont naturellement assez richement représentés, en raison des possibilités plus grandes de dissémination.

Les considérations qui précèdent montrent que le ruisseau artésien d'Adjim, par le large conflit des eaux marine et fluviale qui y est assuré, s'affirme comme un champ d'études des plus remarquables de la faune de pénétration.

ZOOLOGIE. — *Sur les relations sexuelles chez* Perinereis cultrifera *Gr.* Note de M. R. Herpin, présentée par M. Ch. Gravier.

Lillie et Just (2) ont établi par des expériences très précises que, chez *Nereis limbata*, l'émission de sperme est déterminée par un excitant chimique, émané de la femelle mûre et pouvant agir hors de sa présence. Au contraire, la ponte serait provoquée par la présence de spermatozoïdes.

Dans un Mémoire ultérieur (3), Just fit connaître un cas de fécondation interne chez *Platynereis megalops* et prouva que, chez cette espèce, la fécondation est impossible dans l'eau de mer.

Je me suis proposé de rechercher si des phénomènes analogues se rencontraient chez *Perinereis cultrifera* et, en même temps, d'étudier la question de la survivance des mâles et des femelles après l'émission des produits sexuels.

Chez *Perinereis cultrifera* il n'y a pas de fécondation interne et cette espèce se comporte comme *Nereis limbata*. En effet, il m'a été possible,

(1) Cette variété locale du *Gammarus Simoni* est caractérisée par le flagellum uniarticulé des antennules et par les antennes du mâle beaucoup moins poilues (renseignements obligeamment communiqués par M. Chevreux).

(2) Lillie et Just, *Breeding habits of the heteronereis form of* Nereis limbata *at Woods Hole, Mass.* (*Biological Bulletin*, *Woods Hole*, vol. 24, n° 3, 1913).

(3) Just, *Breeding habits of the heteronereis form of* Platynereis megalops *at Woods Hole* (*Biological Bulletin*, *Woods Hole*, vol. 27, n° 4, 1914).

plusieurs fois, de provoquer l'émission du sperme en plaçant un mâle dans l'eau où une femelle avait passé la nuit, *cette femelle ayant été préalablement ôtée*. Beaucoup d'expériences ne donnèrent cependant qu'un résultat négatif. Rien de surprenant à cela : tous mes animaux avaient été récoltés à mer basse, dans les fentes de schistes ou dans les zostères. Bien que leur métamorphose fût complète, il pourrait se faire que ces animaux ne fussent pas complètement mûrs. Au contraire, toutes les *Nereis limbata* expérimentées par Lillie et Just avaient été capturées nageantes, donc à maturité complète. De plus, ces auteurs font remarquer que les mâles fraîchement capturés réagissent plus sûrement que les autres à la sécrétion de la femelle, et que les femelles atoques sont sans action. Il semble donc que l'émission du sperme soit bien provoquée par une sécrétion de la femelle; mais cette sécrétion ne se produirait qu'à maturité complète.

La ponte a pu être provoquée par la seule présence de spermatozoïdes en l'absence du mâle. Lorsqu'elle a lieu en sa présence, elle suit toujours l'émission du sperme. Une fois seulement, quelques œufs furent pondus avant qu'il n'y ait eu d'éjaculation visible; mais ce commencement de ponte s'arrêta immédiatement et fut d'ailleurs insignifiant; la presque totalité des œufs ne furent évacués qu'après le début de l'émission du sperme.

Lorsque les deux sexes sont mis en présence dans de l'eau de mer pure où la femelle n'a pas séjourné, il n'y a point de réaction immédiate. La première rencontre semble toujours fortuite; mais, de cette rencontre, résulte souvent une excitation mutuelle se traduisant par une natation plus rapide. Les animaux se mettent alors à décrire de *très petits cercles* avec une rapidité extrême en se frôlant mutuellement. A ce moment, il semble bien y avoir une recherche mutuelle des sexes et, à l'excitation de nature chimique, semble se superposer une excitation par contact.

La natation rapide en petits cercles précède de quelques secondes seulement l'émission du sperme. Cette émission se fait toujours par l'*anus* et, au début, avec une certaine difficulté : le premier sperme émis est agglutiné en filaments ou en amas en forme de virgules; il se délaye mal. Au bout de quelques instants, l'éjaculation se fait plus facilement et le sperme émis est alors parfaitement fluide. Il semble donc que, grâce à l'histolyse du tube digestif, les spermatozoïdes se soient accumulés et agglutinés dans le rectum; ceci explique en particulier pourquoi le mâle retient si énergiquement son sperme. Lorsque l'éjaculation est sur le point de se produire, le pygidium se gonfle et ses papilles font alors saillie. L'animal secoue frénétiquement

son extrémité postérieure comme pour se libérer plus facilement de son bouchon spermatique.

Dès que le sperme est notablement délayé, la ponte se produit. Elle se fait à la fois par l'anus et par des déchirures latérales. Grâce au mouvement de natation rapide de la femelle, *les œufs sont disséminés* et tombent sur le fond du cristallisoir. Il n'y a donc pas de ponte agglomérée comme Salensky l'a décrit et figuré à tort ([1]). Mais lorsque les œufs sont pondus dans un petit espace, ils peuvent se souder ultérieurement les uns aux autres par le développement d'une enveloppe gélatineuse qui, dans mes expériences, les fixait aux parois du cristallisoir. La ponte dont parle cet auteur s'était faite hors de sa présence dans le vase dans lequel les *Nereis cultrifera* avaient été rapportés de la mer; de là son erreur.

La ponte se fait en une seule fois et la femelle se vide complètement. Au bout d'un temps variable elle cesse de nager et devient inerte. Sa vitalité décroît rapidement et je n'ai jamais pu les conserver vivantes plus d'une journée. Peut-être cependant y a-t-il des exceptions : vers 6h du matin, j'ai recueilli, dans les galeries qu'elles se creusent dans les zostères, deux petites femelles à moitié vidées, à région postérieure flétrie, mais non mutilées et sans blessure apparente.

Quelques heures après leur capture et sous l'excitation d'un mâle émettant son sperme, elles ont nagé et évacué le peu d'œufs qu'elles renfermaient encore.

Dans ce cas il semble donc y avoir eu deux pontes : la première se serait faite à la mer, vraisemblablement la nuit précédant la capture. Cette première ponte s'est-elle effectuée normalement au cours d'une natation? La chose est d'autant plus douteuse que les femelles retiennent difficilement leurs œufs et que, en aquarium, j'ai souvent constaté des pontes spontanées survenues la nuit, ou des pontes accidentelles lors du transport d'un animal d'un vase dans un autre.

A l'opposé de la femelle, le mâle ne se vide pas complètement, bien que sa natation se poursuive parfois pendant plusieurs heures. L'un d'eux, mis en réserve dans les Ulves après une première éjaculation, a nagé et émis du sperme 24 heures plus tard, en présence d'une autre femelle.

Mis de nouveau en réserve, il a encore nagé en petits cercles le matin du troisième jour, en émettant du sperme, mais cette fois spontanément et

---

([1]) SALENSKY, *Études sur le développement des Annélides* (*Archives Biologie*, t. 3 et 4, 1882-1883).

hors de la présence de toute femelle. Il était encore très rouge et en parfait état, mais s'est alors vidé complètement. Ainsi se trouve démontrée, pour *Nereis cultrifera*, l'hypothèse que Lillie et Just avaient faite concernant *Nereis limbata* en supposant que « les mêmes mâles pouvaient apparaître plusieurs nuits successives ».

La motilité des spermatozoïdes ainsi que leur pouvoir fécondant se perdent très rapidement : 20 minutes après l'émission, presque tous les spermatozoïdes sont immobiles. Leur pouvoir d'exciter la ponte chez la femelle se maintient beaucoup plus longtemps.

Contrairement aux spermatozoïdes, les œufs conservent plusieurs heures leur aptitude à la fécondation : la réalité de cette dernière a été prouvée par un développement de larves.

PARASITOLOGIE. — *Sur un Champignon du type* Ichthyophonus *parasite de l'intestin de la Truite.* Note de MM. **L. Léger** et **E. Hesse**, transmise par M. Henneguy.

En 1893, Hofer a décrit sous le nom de « Taumelkrankheit » une maladie épidémique grave des Salmonides d'élevage, provoquée par un organisme qu'il décrivit brièvement sans le dénommer et que Laveran et Pettit (1910) rattachèrent aux Haplosporidies, en le plaçant dans le genre *Ichthyosporidium* C. et M. En 1911, M. Plehn et K. Mulsow démontrent qu'il s'agit d'un Champignon du groupe des Phycomycètes, probablement voisin des Chytridinées, et créent pour lui un genre nouveau en le désignant sous le nom d'*Ichthyophonus Hoferi*. Nous croyons devoir adopter, ainsi que Neresheimer et Clodi, cette désignation, au moins jusqu'à ce qu'il ait été démontré que l'organisme pour lequel le genre *Ichthyosporidium* a été créé (*I. gastrophilum* C. et M.) est de même nature que le parasite en question.

Les divers auteurs qui ont étudié l'*I. Hoferi* ont noté sa présence sous forme de kystes, parfois de stades rameux multinucléés, dans divers organes de la Truite : foie, cœur, rate, tissu adipeux, tube digestif, plus rarement dans le cerveau (Hofer). L'altération profonde des organes envahis conduit le Poisson à la mort. D'après les expériences et constatations de Pettit [1] (1913) la maladie se transmet par l'ingestion de kystes

[1] A. Pettit, *Observations sur l'*Ichthyosporidium *et sur la maladie qu'il provoque chez la Truite* (*Ann. Institut Pasteur*, novembre 1913).

ou de petits éléments uninucléés (sphérules) provenant de ceux-ci et que l'on rencontre avec des kystes de taille variée dans le tube digestif et les excréments des Poissons infestés. C'est même là, d'après l'auteur, un moyen de dépister cette redoutable maladie qu'il appelle Ichthysporidiose, longtemps avant qu'elle affecte l'état général.

Au cours de recherches sur les parasites de la Truite sauvage dans les Alpes, nous avons été surpris de rencontrer dans le tube digestif de sujets de provenances variées un organisme si semblable aux formes intestinales du précédent, que nous n'hésitons pas à le rattacher au genre *Ichthyophonus*, bien qu'il soit exclusivement localisé au tube digestif où il ne semble occasionner, malgré sa fréquence, aucun trouble pathologique. Cette constatation nous engagea à examiner à ce point de vue les diverses espèces de Salmonides d'élevage (Truite indigène, T. arc-en-ciel, Saumon de fontaine et Omble chevalier) de plusieurs établissements piscicoles, et, chez la plupart des sujets, nous avons rencontré le parasite toujours exclusivement intestinal et souvent fort abondant, sans que pour cela l'état sanitaire ait eu jamais à en souffrir.

Qu'il s'agisse de Truites sauvages ou de sujets d'élevage, le parasite est répandu sur toute la longueur du tube digestif, depuis le fond de l'œsophage jusqu'au rectum. Par exemple, chez une *Trutta fario* de $7^{kg},500$ provenant de la Romanche à plus de 900^{m} d'altitude, nous trouvons le parasite sous forme de masses sphériques multinucléées formant un revêtement presque continu sur le mucus œsophagien et stomacal, et ensuite épars sous forme de kystes à paroi à peine différenciée, sur toute la longueur de l'intestin. Les formes sphériques de l'estomac mesurent de 10^{μ} à 40^{μ} et présentent un nombre de noyaux qui varie avec la taille. Dans les plus grosses formes, les noyaux, dont le nombre peut dépasser 40, sont tantôt disposés en cercle autour du centre, tantôt tassés au contraire dans la zone centrale. Le cytoplasma renferme de nombreux granules graisseux et, dans dans les formes enkystées de l'intestin, il se condense dans la zone centrale, laissant une zone périphérique claire et réfringente.

Dans les parasites en activité de multiplication nucléaire, les noyaux sont épars et se divisent synchroniquement par métamitose avec centrosomes extranucléaires et division du karyosome. Au terme de sa croissance le parasite, toujours sphérique, se divise en huit masses secondaires multinucléées qui restent un instant réunies et se comportent ensuite comme leur générateur, c'est-à-dire qu'elles grossissent en multipliant leurs noyaux.

Dans ce cas, il nous a paru que la division nucléaire était une sorte de mésomitose à centrosome d'abord intranucléaire, mais avec disparition de la membrane et élimination du karyosome. Ainsi se forment les kystes intestinaux que l'on rencontre en abondance dans les fèces et dont la plupart montrent une assez large zone ectoplasmique claire; mais il est fort possible que certains de ceux-ci aboutissent, dans l'intestin, à la formation de petites masses sphériques uninucléées, fort semblables aux sphérules de Pettit, que nous avons rencontrées plusieurs fois dans le rectum des Truites infestées.

Tous ces stades brièvement décrits présentent, comme on le voit, une grande analogie avec les formes intestinales rattachées à l'*I. Hoferi* par les auteurs. D'autre part, ils rappellent également certains stades intestinaux du parasite décrit, en 1900, par Calkins sous le nom de *Lymphosporidium truttæ* et dont la généralisation provoque une maladie très grave chez les Saumons de fontaine. Et comme notre parasite est aussi répandu chez ce Salmonide que dans les autres Truites d'élevage, nous nous demandons s'il n'a pas été parfois confondu avec ces deux espèces pathogènes. Notre espèce étant exclusivement localisée au tube digestif, où elle se présente constamment sous une forme sphérique n'atteignant jamais la taille de l'*I. Hoferi* dont l'aspect est souvent rameux dans les formes qui envahissent les tissus, nous la considérerons, jusqu'à plus ample informé, comme une espèce différente quoique très voisine de l'*I. Hoferi* et nous la désignerons sous le nom d'*Ichthyophonus intestinalis* n. sp.

En terminant, nous tirerons de nos observations cette importante conclusion pratique pour les pisciculteurs : c'est qu'il ne faut pas s'empresser avec Pettit de porter le diagnostic de l'Ichthyosporidiose grave, c'est-à-dire généralisable avec les dures mesures préventives qu'il impose, sur la seule constatation d'éléments parasitaires dans l'intestin ou dans les excréments des sujets d'élevage.

A 4^h5^m, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 4^h35^m.

É. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de décembre 1922 (*suite et fin*).

Mémoires présentés à l'Institut d'Égypte et publiés sous les auspices de S. M. Fouad Ier, roi d'Égypte. Tome troisième : *Dolomieu en Égypte* (30 juin 1798-10 mars 1799), par A. Lacroix et G. Daressy. Le Caire, Imprimerie française de l'Institut français d'archéologie orientale, 1922; 1 vol. 28cm.

Faculté des sciences de Paris. *Cours d'Astronomie*, par H. Andoyer. Première Partie : *Astronomie théorique.* Troisième édition entièrement refondue. Paris, J. Hermann, 1923; 1 vol. 25cm.

La propriété scientifique, par Émile Borel. Extrait de la *Revue de Paris*, numéro du 15 décembre 1922; 1 fasc. 23cm.

Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par Albert Ier, prince souverain de Monaco. Fascicule LXIV : *Crustacés décapodes* (*Sergestides*) *provenant des campagnes des yachts* « *Hirondelle* » *et* « *Princesse-Alice* » (1885-1915), par H. J. Hansen. Monaco, 1922; 1 vol. 35cm. (Présenté par M. Bouvier.)

Echinoderma of the Indian Museum. Part IX : *Echinoidea* (II). *An account of the Echinoidea*, par René Koehler. Calcutta, Zoological Survey of India, 1922; 1 vol. 32cm.

Nutrition de la plante. Utilisation des substances tertiaires, par Marin Molliard. Paris, Doin, 1923. (Présenté par M. L. Mangin.)

Dynamique des solides gyroscopes, par J. Reveille. Paris, J.-B. Ballière, 1923; 1 vol. 23cm. (Présenté par M. Lecornu.)

Ministère de l'Hygiène, de l'Assistance et de la Prévoyance sociales. *Exposition internationale du centenaire de Pasteur. Hygiène scientifique et appliquée : science, industrie, habitation, alimentation, sports, agriculture.* Strasbourg, juin-octobre 1923. *Règlement général.* 1 fasc. 23cm.

La syphilis. Microbiologie. Sérothérapie. Observations médicales, par L.-C. Quéry. Paris, Maloine et fils, 1919; 1 vol. 21cm.

Die syphilis. Mikrobiologie. Serotherapie. Aerztliche Beobachtungen, par L.-C. Quéry. Paris, chez l'auteur, 97, rue de Vaugirard, 1904-1922; 1 vol. 21cm.

Le centenaire de Pasteur. Franche-Comté et Monts Jura, 4e année, no 41, novembre 1922. Besançon; 1 fasc. 26cm.

Géométrie du sens commun, par R. Romane. Mulhouse, 7 Brinkmann, 1922; 1 vol. 23cm.

ERRATA.

(Séance du 15 janvier 1923.)

Note de MM. *Odon de Buen* et *José Giral*, Les Tables hydrographiques de Knüdsen, l'eau normale et les limites d'erreur dans l'analyse de l'eau de mer :

Page 177, ligne 25, *au lieu de* 1919 et 1920, *lire* 1920 et 1921.
Page 178, lignes 5, 6 et 9, *au lieu de* signes +, *lire* ×; ligne 17, *au lieu de* identités, *lire* densités.

Note MM. *Georges Bourguignon* et *Henri Laugier*, Variations de l'excitabilité neuro-musculaire sous l'influence de la suppression et du rétablissement de la circulation d'un membre chez l'homme :

Page 196, note (2), *au lieu de* des troubles vaso-moteurs et auditifs, *lire* des troubles vaso-moteurs et sensitifs.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 12 FÉVRIER 1923.

PRÉSIDENCE DE M. ALBIN HALLER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Lœwisson Lessing**, professeur à l'Université de Petrograd, membre de l'Académie des Sciences de Russie, qui assiste à la séance.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur deux systèmes triples orthogonaux qui se correspondent de telle sorte que la seconde tangente de l'un soit polaire réciproque de la troisième tangente de l'autre par rapport à un complexe linéaire.* Note de M. C. **Guichard**.

Soient $A(x_1, x_2, x_3)$ et $B(y_1, y_2, y_3)$ les points qui décrivent les systèmes triples correspondants. Je suppose que la seconde tangente de A soit polaire réciproque de la troisième tangente de B; un raisonnement géométrique très simple montre qu'inversement la troisième tangente de A est polaire réciproque de la seconde tangente de B. Le plan polaire de A est donc le plan mené par B, perpendiculairement à la première tangente de B. Or ce plan polaire a pour équation

$$x_1 X_2 - x_2 X_1 = R(X_3 - x_3)$$

en prenant le troisième axe de coordonnées comme axe du complexe, et en désignant par R le paramètre du complexe. Il en résulte que les paramètres directeurs de la première tangente de B sont

$$(1) \qquad X_1 = -x_2, \qquad X_2 = x_1, \qquad X_3 = -R.$$

Les équations aux dérivées partielles de ces paramètres admettent les

solutions X'_1, X'_2, X'_3 données par les formules

$$(2) \qquad X'_1 = ix_3, \qquad X'_2 - iX'_3 = x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + R^2, \qquad X'_2 + iX'_3 = 1$$

et l'on a

$$(3) \qquad X'^2_1 + X'^2_2 + X'^2_3 = X_1^2 + X_2^2 + X_3^2.$$

On en conclut que X'_1, X'_2, X'_3 sont les paramètres directeurs de la première tangente d'un système triple B′ *associé* au réseau B, la fonction d'association U_1 étant réduite à une constante (¹).

Aux systèmes B et B′ correspondent des déterminants O que je désigne par (B) et (B′): ces déterminants sont représentés par

$$(B) = \begin{vmatrix} \xi_1^1 & \xi_1^2 & \xi_1^3 \\ \xi_2^1 & \xi_2^2 & \xi_2^3 \\ \xi_3^1 & \xi_3^2 & \xi_3^3 \end{vmatrix}, \qquad (B') = \begin{vmatrix} \xi'^1_1 & \xi'^2_1 & \xi'^3_1 \\ \xi'^1_2 & \xi'^2_2 & \xi'^3_2 \\ \xi'^1_3 & \xi'^2_3 & \xi'^3_3 \end{vmatrix},$$

où ξ_1^1, ξ_1^2, ξ_1^3 sont les cosinus directeurs de la première tangente à B; ξ'^1_1, ξ'^2_1, ξ'^3_1 ceux de la première tangente à B′.

En comparant avec les formules (1) et (2) on aura

$$(4) \qquad \frac{-x_2}{\xi_1^1} = \frac{x_1}{\xi_1^2} = \frac{-R}{\xi_1^3} = \frac{ix_3}{\xi'^1_1} = \frac{x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + R^2}{\xi'^2_1 - i\xi'^3_1} = \frac{1}{\xi'^2_1 + i\xi'^3_1}.$$

En particulier, le rapport $\dfrac{\xi_1^3}{\xi'^2_1 + i\xi'^3_1}$ est constant. On a donc

$$(5) \qquad \xi_1^3 = K(\xi'^2_1 + i\xi'^3_1).$$

En différentiant cette équation par rapport à u_2 et u_3 et en tenant compte de ce fait que les déterminants (B) et (B′) correspondent à des réseaux O associés, on trouve des équations de la forme

$$(6) \qquad \begin{cases} \xi_2^3 = K\,U_2(\xi'^2_2 + i\xi'^3_2), \\ \xi_3^3 = K\,U_3(\xi'^2_3 + i\xi'^3_3), \end{cases}$$

U_2 et U_3 étant respectivement des fonctions de u_1 seul et de u_3 seuls. En élevant au carré les équations (5) et (6) et en ajoutant, on trouve que l'expression

$$(U_2^2 - 1)(\xi'^2_2 + i\xi'^3_2)^2 + (U_3^2 - 1)(\xi'^2_3 + i\xi'^3_3)^2$$

est constante. On voit que, par un choix convenable des variables u_2 et u_3,

(¹) *Sur les systèmes triplement indéterminés et sur les systèmes triples orthogonaux* (*Collection Scientia*, Chap. VII).

on peut poser

$$
(7) \qquad \begin{cases} \xi_1'^2 + i\xi_1'^3 = \sqrt{u_2^2\cos^2\varphi + u_3^2\sin^2\varphi}, \\ \xi_2'^2 + i\xi_2'^3 = iu_2\cos\varphi, \\ \xi_3'^2 + i\xi_3'^2 = iu_3\sin\varphi. \end{cases}
$$

Je vais montrer qu'il existe des déterminants (B′) (c'est-à-dire des déterminants O), dont les éléments satisfont aux conditions (7) et indiquer comment on détermine la fonction φ des variables u_1, u_2, u_3.

J'introduis les fonctions β_{ik} de Darboux pour le déterminant (B′). Ces fonctions sont définies par l'équation

$$
\frac{\partial \xi_i'}{\partial u_k} = \beta_{ik}\xi_k'.
$$

On peut calculer ces fonctions en partant des formules (7); on aura, en désignant pour abréger par θ, l'expression

$$
(8) \qquad \theta = \sqrt{u_2^2\cos^2\varphi + u_3^2\sin^2\varphi},
$$

$$
(9) \qquad \begin{cases} \beta_{12} = \dfrac{\dfrac{\partial\theta}{\partial u_2}}{iu_1\cos\varphi}, & \beta_{21} = \dfrac{-iu_2\sin\varphi\dfrac{\partial\varphi}{\partial u_1}}{\theta}, & \beta_{23} = -\dfrac{u_2}{u_3}\dfrac{\partial\varphi}{\partial u_3}, \\ \beta_{13} = \dfrac{\dfrac{\partial\theta}{\partial u_3}}{iu_3\sin\varphi}, & \beta_{31} = \dfrac{iu_3\cos\varphi\dfrac{\partial\varphi}{\partial u_1}}{\theta}, & \beta_{32} = \dfrac{u_3}{u_2}\dfrac{\partial\varphi}{\partial u_2}. \end{cases}
$$

Les équations

$$
\frac{\partial\beta_{21}}{\partial u_3} = \beta_{23}\beta_{31}, \qquad \frac{\partial\beta_{31}}{\partial u_2} = \beta_{32}\beta_{21}
$$

donnent, après simplification,

$$
\frac{\dfrac{\partial^2\varphi}{\partial u_1\,\partial u_3}}{\dfrac{\partial\varphi}{\partial u_1}} = \frac{1}{\theta}\frac{\partial\theta}{\partial u_3}, \qquad \frac{\dfrac{\partial^2\varphi}{\partial u_1\,\partial u_2}}{\dfrac{\partial\varphi}{\partial u_1}} = \frac{1}{\theta}\frac{\partial\theta}{\partial u_2}.
$$

On en déduit que $\dfrac{\partial\varphi}{\partial u_1}$ et θ ne diffèrent que par un facteur qui est une fonction de u_1 seul. Or, jusqu'ici, on n'a pas fixé la variable u_1; en choisissant convenablement cette variable, on peut poser

$$
(10) \qquad \frac{\partial\varphi}{\partial u_1} = \theta.
$$

D'autre part, l'équation

$$
\frac{\partial\beta_{12}}{\partial u_3} = \beta_{13}\beta_{32}
$$

donne, après réduction, l'équation

$$(11)\qquad \frac{\partial^2\theta}{\partial u_2\,\partial u_3}=\frac{-\sin\varphi\dfrac{\partial\varphi}{\partial u_3}}{\cos\varphi}\frac{\partial\theta}{\partial u_2}+\frac{\cos\varphi\dfrac{\partial\varphi}{\partial u_2}}{\sin\varphi}\frac{\partial\theta}{\partial u_3}.$$

On vérifie facilement que, si les équations (10) et (11) sont satisfaites, toutes les relations qui doivent exister entre les β_{ik} d'un déterminant O sont satisfaites.

Or, si l'on remplace θ par sa valeur dans l'équation (11), on trouve

$$(12)\qquad (u_2^2\cos^2\varphi+u_3^2\sin^2\varphi)(u_3^2-u_2^2)\frac{\partial^2\varphi}{\partial u_2\,\partial u_3}+u_2^2u_3\frac{\partial\varphi}{\partial u_2}-u_2u_3^2\frac{\partial\varphi}{\partial u_3}$$
$$=u_2u_3\cos\varphi\sin\varphi+(u_3^2-u_2^2)\sin\varphi\cos\varphi\frac{\partial\varphi}{\partial u_2}\frac{\partial\varphi}{\partial u_3}.$$

En somme, il faut d'abord montrer qu'il existe une fonction φ satisfaisant aux équations (10) et (12). Pour cela, je pose

$$(13)\qquad \int_0^{\varphi}\frac{d\varphi}{\sqrt{u_2^2\cos^2\varphi+u_3^2\sin^2\varphi}}=u_1+\chi,$$

χ étant une nouvelle fonction inconnue. L'équation (10) montre que χ est indépendant de u_1. L'équation (12) donne pour χ l'équation

$$(14)\qquad \frac{\partial^2\chi}{\partial u_2\,\partial u_3}+\frac{u_3}{u_3^2-u_2^2}\frac{\partial\chi}{\partial u_2}-\frac{u_2}{u_3^2-u_2^2}\frac{\partial\chi}{\partial u_3}=0.$$

C'est l'équation $E\left(\frac{1}{2},\frac{1}{2}\right)=0$.

La fonction φ étant ainsi déterminée, les formules (7) donnent les éléments d'une colonne isotrope du déterminant (B'). On aura donc les autres éléments de ce déterminant à l'aide d'une quadrature.

Il reste à déterminer les déterminants (B) associés à (B'). On aura tout de suite les éléments d'une colonne de (B) par la formule

$$(15)\qquad \begin{cases}\xi_1^3=\lambda\sqrt{u_2^2\cos^2\varphi+u_3^2\sin^2\varphi},\\ \xi_2^3=\sqrt{1-\lambda^2u_2^2}\cos\varphi,\\ \xi_3^3=\sqrt{1-\lambda^2u_3^2}\sin\varphi,\end{cases}$$

λ étant une constante quelconque. A chaque valeur de cette constante correspond un déterminant B associé à B'; les autres éléments de B se déterminent à l'aide de quadratures.

Les formules (4) où l'on suppose $\lambda=-R$ donneront les valeurs de x_1, x_2, x_3. On vérifiera facilement que le point A qui a pour coordonnées x_1, x_2, x_3 décrit un système triple orthogonal possédant la propriété demandée.

NOMINATIONS.

M. L. **Joubin** est désigné pour représenter l'Académie au *VIIIe Congrès national des Pêches et Industries maritimes* qui se tiendra à Boulogne en septembre prochain.

RAPPORTS.

Rapport de M. **Paul Janet** *sur un pli cacheté déposé par* M. **Raoul Basset** *dans la séance du* 6 *mai* 1907 *et ouvert, sur sa demande, dans celle du* 22 *janvier* 1923.

Le pli cacheté, ouvert à la demande de M. Raoul Basset, contient un Mémoire dactylographié de 11 pages et 9 planches au ferro-prussiate, relatif à un projet de radiotélautographe.

Le principe de cet appareil est le suivant : à la station émettrice, l'écriture (ou le dessin) à transmettre est tracée à l'encre isolante sur un papier conducteur qu'on enroule sur un cylindre animé d'un mouvement de rotation uniforme. Un style, qu'une vis sans fin fait avancer le long d'une génératrice, peut balayer toute la surface du cylindre en traçant une hélice d'un quart de millimètre de pas. Un relais, commandé par un courant local, envoie une émission dans l'antenne à chaque passage d'une partie isolante sous le style. L'uniformité de la rotation du cylindre est assurée par un régulateur-frein à courants de Foucault. A la station réceptrice, un cylindre semblable au premier, mais placé dans l'obscurité et recouvert de papier photographique, tourne au synchronisme exact. Chaque arrivée d'onde agit sur un relais qui commande un obturateur extra-rapide, lequel, en s'ouvrant, laisse passer un rayon lumineux; par suite, chaque fois qu'un trait passe sous le style à la station de départ, une trace s'imprime sur le papier photographique qu'il suffira de développer à la fin de l'opération. Le synchronisme parfait est assuré par un dispositif bien étudié, permettant de corriger automatiquement les petits écarts qui pourraient se produire.

Le Mémoire descriptif très détaillé de M. R. Basset ne se prête pas, par

sa forme même, à une insertion, ne fût-ce que sous forme d'extrait, dans les *Comptes rendus*. Il ne paraît pas douteux qu'après une mise au point convenable, que les circonstances n'ont pas permis à l'auteur de poursuivre, l'appareil, tel qu'il est décrit, aurait pu donner des résultats intéressants.

PLIS CACHETÉS.

M. A. **Blondel** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 28 avril 1919 et inscrit sous le n° 8646.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, renferme une Note intitulée : *Sur le calcul des oscillations forcées d'un groupe électrogène, etc.*

Conformément à la demande de M. A. Blondel, cette Note sera insérée dans les *Comptes rendus*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Louis Ranvier (1835-1922). *Notice biographique*, par J. Jolly. (Présenté par M. Henneguy.)

PHYSIQUE. — *Application de la photographie à l'étude de l'opalescence critique.* Note de M. A. **Andant**, présentée par M. Brillouin.

L'étude spectrophotométrique de l'opalescence critique par observation visuelle directe de la lumière diffusée ou de la lumière transmise est longue et pénible à effectuer. En effet, la construction de bonnes courbes d'opalescence exige la connaissance d'un grand nombre de points observés. Le phénomène étudié s'étend sur un domaine de températures de plusieurs degrés et, comme les mesures n'ont de valeur que lorsque la température varie avec une lenteur extrême, une expérience doit se prolonger pendant plusieurs heures.

J'ai cherché à appliquer à l'étude de l'opalescence critique la spectropho-

tométrie photographique, qui présente le précieux avantage de fournir un document inaltérable et permettra d'étendre à la région ultraviolette du spectre les recherches faites jusqu'ici dans la région visible. Cette méthode m'a permis de vérifier récemment, en lumière transmise, les lois de variation de l'opalescence critique avec la température et la longueur d'onde, établies au cours de recherches antérieures. L'étude en lumière diffusée est plus délicate à cause de la faible intensité du phénomène.

Le dispositif expérimental est le suivant :

Deux faisceaux de lumière parallèle, issus de la même source (Nernst), sont filtrés par une cuve à eau. L'un des faisceaux traverse le tube-laboratoire, chauffé dans une étuve électrique, puis est concentré à sa sortie sur la fente d'un spectrographe de Hilger pour spectre visible. L'autre faisceau traverse les mêmes milieux réfringents et un tube vide identique au tube-laboratoire et placé à côté de lui dans l'étuve. Il est ensuite concentré sur la fente du spectrographe au-dessous du précédent. Les deux tubes sont enveloppés par des gaines noircies munies de fentes opposées, de sorte que les deux faisceaux traversent les tubes dans leur partie médiane.

A une température quelconque, on a sur la plaque deux spectres étalés en contact. On fait une série de photographies à diverses températures avec le même temps de pose. Après la dernière pose, on envoie sur la fente du spectrographe l'image d'un arc à mercure dont les raies photographiées serviront à l'étalonnage des spectres en longueurs d'onde.

Au cours d'une série d'expériences, les spectres de comparaison gardent la même intensité. Les influences qui peuvent modifier celle-ci sont :

1° Les variations d'intensité de la source, que l'on contrôle au moyen d'un enregistreur placé sur le circuit de la lampe Nernst. On néglige les mesures pour lesquelles les variations sont trop fortes.

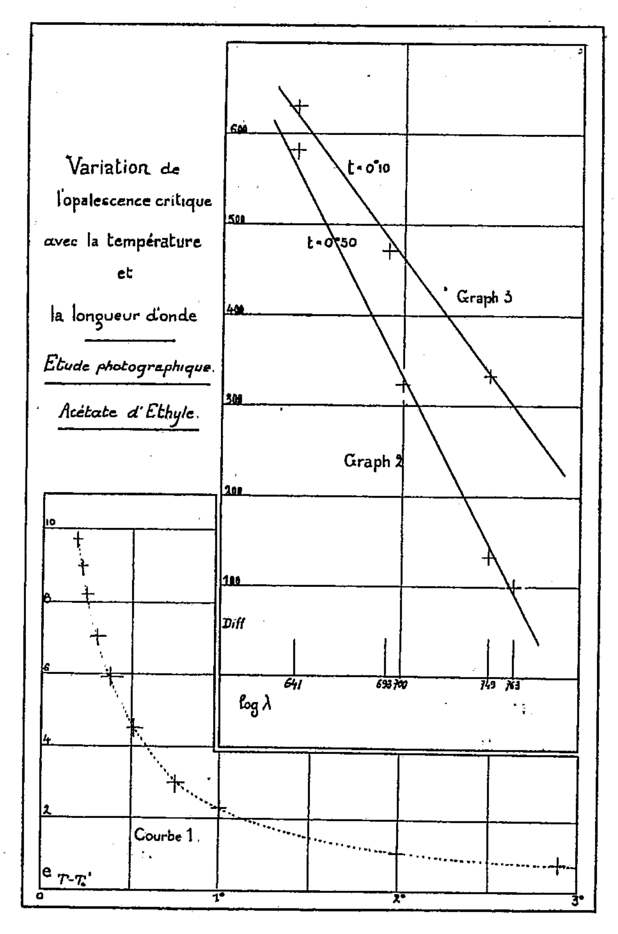
2° Les erreurs dans les temps de pose, dues à l'ouverture et à la fermeture à la main de l'obturateur et qui sont petites par rapport au temps de pose (20 à 30 secondes).

3° Les différences de sensibilité de l'émulsion photographique en divers points de la plaque, réduites au minimum en prenant les précautions classiques pour le choix des plaques.

Les mesures d'opacité sont faites au microphotomètre de Fabry et Buisson.

I. *Variation de l'opalescence avec la température.* — On choisit sur le cliché une région des spectres où les noircissements ont une valeur qui permet de bonnes mesures microphotométriques, pour lesquels la loi de

proportionnalité à l'éclairement est applicable (densités comprises entre o,5 et 2,5). On fait la mesure de la densité sur la même région pour chaque couple de spectres correspondant à une température donnée. Les intensités mesurées pour les spectres de comparaison et qui doivent avoir des valeurs



très voisines permettent d'éliminer les photographies douteuses à la suite d'une erreur grossière de pose ou d'une irrégularité de l'émulsion.

Soit D la moyenne des densités mesurées sur une région donnée du spectre d'absorption, à des températures très éloignées de la température critique, pour lesquelles il n'y a pas d'opalescence. Soit d la densité mesurée pour la même région à une température quelconque t (comptée à partir de T'_c) (¹).

(¹) T'_c est la température de réapparition du ménisque.

La différence $(d - D)$ représente le logarithme de la proportion de radiation transmise à cette température par le brouillard critique. On en déduit la valeur de la proportion de lumière absorbée e correspondante.

La construction de la courbe de variation de cette quantité avec la température est immédiate. On retrouve à partir de 0°,20 environ du point critique et jusqu'à une distance assez grande de celui-ci, la branche d'hyperbole équilatère caractérisant la relation d'Einstein-Smoluchowski

$$e \times t = \text{const.}$$

La courbe I représente un groupe de résultats pour l'éther.

II. *Variation de l'opalescence avec la longueur d'onde.* — Ces mesures se font particulièrement bien avec les nouvelles plaques « Chroma. V. R. » de la maison Lumière, à sensibilité très exaltée pour le vert, le jaune et le rouge, et que l'on peut très bien employer sans écran.

On repère sur le cliché les longueurs d'onde λ_1, λ_2, λ_3, correspondant à plusieurs zones de noircissement optimum. On mesure les densités moyennes D_1, D_2, D_3, sur deux ou trois spectres d'absorption pris à des températures éloignées du point critique, puis les densités d_1, d_2, d_3, à une température t. On forme les différences telles que $(d - D)$, dont nous avons vu la signification.

Si l'on porte en abscisses $\log\lambda$ et en ordonnées les différences $(d - D)$ on constate que les points observés se placent très sensiblement sur une droite de coefficient angulaire voisin de 4 lorsque t est plus grand que 0°,15. La droite a pour coefficient angulaire 2,8 pour $t = 0°,10$, comme le montrent les graphiques 2 et 3.

Nous retrouvons la loi de variation conforme à la théorie d'Einstein jusqu'à 0°,15 environ de la température critique et à la théorie plus complète de Zernike et Ornstein au voisinage immédiat de cette température.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Sur le spectre K d'absorption de l'élément 72 (celtium).* Note de MM. **M. de Broglie** et **J. Cabrera**, présentée par M. Brillouin.

L'année dernière, M. Dauvillier [1] avait signalé dans une préparation de celtium, de M. Urbain, la présence de plusieurs lignes faibles qui appartient incontestablement à l'élément de nombre atomique 72. MM. Coster et Hevesy [2] ont récemment annoncé la présence, dans de nombreux

(1) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1347.
(2) *Nature*, 20 janvier 1923, p. 79.

minerais de zirconium, d'un corps donnant un spectre de rayons X assez intense attribuable au même élément 72.

Les spectres d'absorption de rayons X sont un bon réactif dans cette région pour révéler un corps par sa discontinuité K; nous avons appliqué cette méthode à l'étude de quelques échantillons contenant du zirconium, et trouvé une bande faible mais nette correspondant à la longueur d'onde

$$\lambda = 0,1905 \text{ Å}.$$

Dans les mêmes conditions expérimentales et en examinant d'autres substances, la discontinuité K de l'ytterbium ($N = 70$) tombait à 0,2024 Å. et celle du lutécium ($N = 71$) à 0,1961 Å.; il paraît donc bien que la nouvelle bande observée se rapporte à l'élément de nombre atomique 72, et sa présence indique que les échantillons employés contenaient une proportion assez notable (quelques unités pour 100) du nouveau corps.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la distribution de longueur des rayons α.* Note [1] de Mlle **Irène Curie**, présentée par M. G. Urbain.

Quand un faisceau parallèle de rayons α traverse l'air on sait que la courbe de l'ionisation le long de ce faisceau, courbe de Bragg, ne suffit pas pour connaître la distribution de longueur des rayons, car la loi de variation de l'ionisation le long du parcours d'un rayon α unique n'est pas connue. La courbe qui représente la variation du nombre de scintillations le long du faisceau conduit à un parcours sensiblement inférieur à celui qu'on déduit de la courbe de Bragg et l'on peut supposer que cette méthode est entachée d'une erreur systématique tenant à ce que les particules α de trop faible vitesse ne donnent plus de scintillations visibles alors qu'elles sont encore capables d'ioniser. J'ai commencé un travail pour déterminer la distribution des longueurs des rayons α par la photographie des trajectoires obtenues dans un appareil à détente de Wilson.

L'appareil utilisé est du modèle décrit par Wilson [2]. La photographie est faite dans un seul plan. En raison de la difficulté qu'il y a à connaître d'une manière précise la densité du gaz dans la chambre au moment où sont émis les rayons α, les mesures consistent essentiellement dans la compa-

---

(1) Séance du 5 février 1923.

(2) Wilson, *Le Radium*, 1913, p. 7.

raison des longueurs des rayons émis au même instant au cours d'une détente. Les rayons employés étaient ceux du polonium.

Voici le dispositif employé : Une source de polonium de très petite dimension est portée par une tige s'avançant dans la chambre à détente. Un écran vertical fixé au piston ne découvre la source qu'au moment où le piston arrive au bas de sa course. Une fente parallèle à la glace supérieure de la chambre canalise les rayons émis sensiblement dans un plan; ces rayons forment autour de la source une espèce d'éventail qui peut être entièrement au point sur la photographie et dont les rayons peuvent être mesurés sans erreur appréciable due à l'obliquité. Chaque cliché porte en général de 20 à 40 rayons canalisés.

La préparation de la source de polonium est difficile, car elle doit être très petite et très intense en raison de la nécessité de n'utiliser que les rayons émis pendant un instant très court afin que la densité de l'air puisse être considérée comme sensiblement constante pendant l'émission des particules.

La longueur des rayons (5^{cm} environ) peut être mesurée avec une précision de $\frac{1}{100}$, qu'il est difficile de dépasser par suite de l'aspect imprécis que présentent le plus souvent les extrémités. Les accidents (coudes, courbures, crochets aux extrémités) dus aux chocs des particules sur les noyaux ou les électrons, sont assez fréquents; mais ceux qui sont assez accentués pour influer sur la longueur du rayon sont rares. J'ai fait toutes les mesures de l'origine à l'extrémité du rayon en ligne droite, sans en tenir compte.

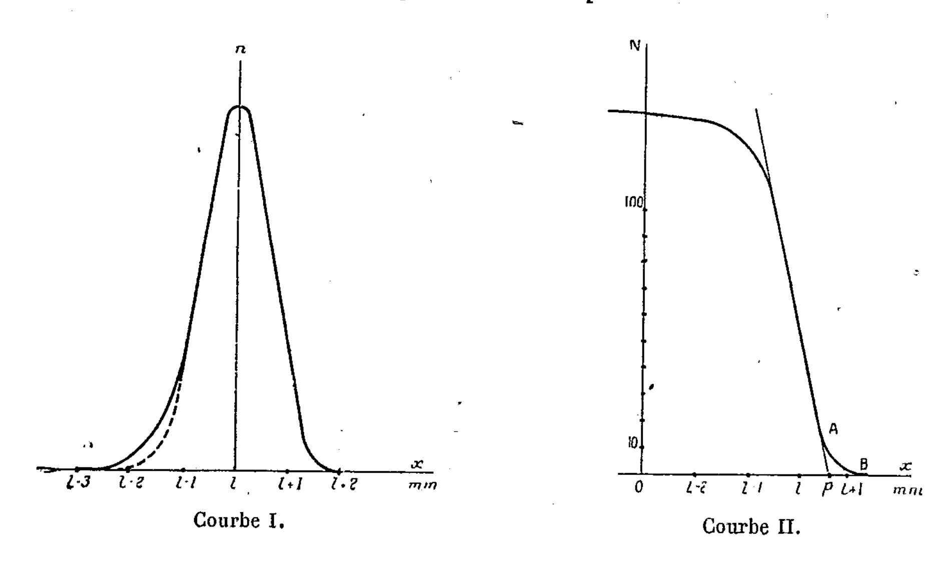
On trace pour chaque cliché deux courbes : I, le nombre n de rayons de longueur comprise entre $x - \Delta x$ et $x + \Delta x$; II, le nombre N de rayons de longueur supérieure à x, en fonction de x. La première courbe met en évidence l'existence d'un *parcours le plus probable* des rayons α, soit l. La deuxième courbe dont la chute ressemble à celle de la courbe de Bragg montre qu'on peut définir un parcours extrapolé, soit p, à la manière dont Henderson (¹) le définit pour la courbe d'ionisation.

Plusieurs centaines de rayons ont été photographiés. Les courbes I et II sont les courbes obtenues en groupant les résultats de plusieurs clichés comprenant en tout 142 rayons. Les longueurs des rayons sont multipliées par un rapport convenable pour les ramener à ce qu'elles seraient à 15° et 760^{mm} de pression.

Des expériences, faites avec une source de polonium activée avec du

(¹) HENDERSON, *Phil. Mag.*, vol. 2, 1921, p. 538.

radium C, ont permis de mesurer le rapport des parcours les plus probables des rayons α du polonium et du radium C et d'en déduire le rapport des parcours extrapolés $p':p$, qui se trouve exactement égal au rapport des parcours extrapolés, $6,971:3,925 = 1,775$ donnés par Geiger (¹) à l'aide de la courbe d'ionisation. On peut donc admettre que le parcours extrapolé de la courbe II correspond au parcours extrapolé ordinaire.



Courbe I. Courbe II.

On constate que la courbe I correspond très exactement à une loi de probabilité de la forme $Ke^{-k^2x^2}$, sauf pour les rayons les plus courts pour lesquels il semble qu'un autre effet s'ajoute à la loi de probabilité. La courbe en pointillé représente la portion de la courbe $Ke^{-k^2x^2}$ qui se sépare de la courbe expérimentale. Environ 90 pour 100 des rayons ont une longueur comprise entre $l - 1^{mm}$ et $l + 1^{mm}$.

La courbe II montre que $p = l + 0^{mm},7$. Si donc on admet $p = 3^{cm},92$ d'après Geiger (¹), le parcours le plus probable l serait égal à $3^{cm},85$ dans l'air à 15° et 760^{mm}. Toutefois il est possible que l'oscillation des parcours des rayons α soit un peu plus petite que celle qui résulte de ces expériences, et que le parcours le plus probable soit plus voisin du parcours extrapolé, car le dispositif expérimental ne permettait pas d'éviter une variation non négligeable de la densité de l'air pendant l'émission des particules.

Si l'on admet la loi de distribution des parcours donnée par la courbe I il est nécessaire pour interpréter la courbe d'ionisation d'admettre que le

(¹) Geiger, *Zeitschrift f. Phys.*, 1922, p. 45.

pouvoir ionisant d'un rayon α le long de son parcours commence par croître, passe par un maximum 4^{mm} ou 3^{mm} avant l'extrémité, puis décroît fortement pendant les derniers millimètres. Ceci en admettant que tous les rayons α se comportent de la même manière, ce qui n'est nullement certain. En particulier, dans l'hypothèse où les rayons α de vitesse suffisamment faible subiraient des alternatives de gain et de perte d'un électron, la variation de l'ionisation à la fin du parcours pourrait être très différente par l'effet du hasard pour les différents rayons.

La portion AB de la courbe II, qui correspond à une queue analogue de la courbe d'ionisation rentre bien dans la loi de probabilité $Ke^{-k^2x^2}$, ce qui est en accord avec le calcul de Henderson ([1]) concernant cette portion de la courbe d'ionisation.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Viscosité, neutralisation et isomorphisme.* Note de M. **L.-J. Simon.**

Bien que depuis quelques années les données numériques relatives aux viscosités des solutions se soient accumulées, il ne semble pas qu'on ait dégagé de rapport entre la molécule dissoute et la variation de viscosité qu'elle impose au solvant.

La variation de viscosité qui accompagne l'action des acides sur les alcalis en solution aqueuse n'a pas, que je sache, été étudiée comme on l'a fait pour un grand nombre de propriétés physiques : densité, abaissement cryométrique, indice, conductivité, etc. J'ai entrepris cette étude sur quelques acides : en particulier cette Note renferme les résultats obtenus dans la neutralisation par la soude des acides phosphorique et arsénique.

La méthode employée est celle de Poiseuille avec l'appareil actuellement utilisé. Comme on le fait dans toutes les études de ce genre on mélange en proportions de volume régulièrement variables des solutions équimoléculaires d'acide et de base. Pour chaque mélange on détermine la viscosité aux températures comprises entre 5° et 25°. On a un certain nombre de valeurs qui se représentent très suffisamment, comme l'a annoncé M. Marcel Brillouin ([2]), par la formule hyperbolique simple du type de Grœtz.

Avec ces formules on peut alors déterminer pour le faisceau de courbes

---

([1]) *Loc. cit.*

([2]) *Ann. Chim. Phys.*, 8e série, t. 18, 1909, p. 202.

les valeurs de la viscosité à une température déterminée — 10° par exemple — et avec ces valeurs tracer un diagramme (*fig.* 1). Les viscosités au fac-

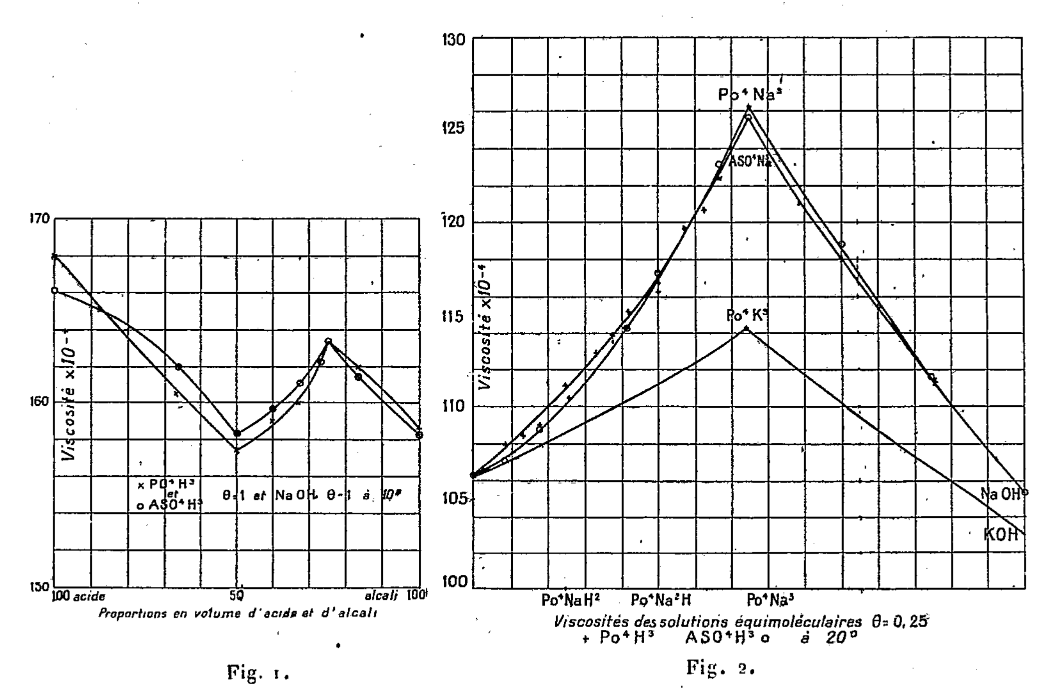


Fig. 1.

Fig. 2.

teur 10^{-4} près sont portées en ordonnées et les abscisses renseignent sur la manière dont a été obtenue la solution correspondante. La concentration moléculaire de l'acide et de la base était égale à l'unité. Mais avec le titre 0,75 les résultats sont analogues et de même pour les autres températures que 10°.

L'examen de ce diagramme montre que le phosphate monosodique se révèle par un minimum très net de viscosité; le phosphate trisodique correspond à un maximum bien marqué et cela bien que la concentration moléculaire passe pour ce mélange par un minimum. Pour le phosphate disodique, la précision des mesures ne permet pas de conclure.

Les diagrammes pour l'acide phosphorique et pour l'acide arsénique manifestent une analogie très marquée. Cette analogie s'impose encore davantage si l'on fait les expériences en suivant une autre marche, en s'imposant de comparer, sous une concentration équimoléculaire, les divers phosphates et leur mélange entre eux ou avec la soude. Les diagrammes de la figure 2 ont été ainsi établis : il n'y a pas à s'attarder sur le maximum présenté par la valeur correspondant au phosphate trisodique qui n'a aucun

sens réel. Ce qui est remarquable, c'est la quasi-superposabilité des courbes pour les deux acides phosphorique et arsénique dans leurs combinaisons avec la soude. A l'identité de valeurs de la viscosité de PO^4Na^3 et AsO^4Na^3 il faut opposer l'écart présenté par PO^4K^3. Il s'agit d'interpréter ces faits. Si l'on confronte les diagrammes de la figure 1 avec ceux qui ont été construits par M. Cornec dans une étude tout à fait parallèle portant sur les abaissements du point de congélation de l'eau ([1]), on voit qu'ils sont très différents et ne peuvent être reportés à une cause commune : la grandeur moléculaire ne suffit pas à imposer la variation de viscosité. On est amené, en y réfléchissant, à l'hypothèse que la viscosité est en rapport avec l'isomorphisme : *en solution aqueuse, de même concentration moléculaire, les substances isomorphes modifient de la même manière la viscosité de l'eau à une température déterminée*. Il s'agit de l'isomorphisme entendu au sens actuel : même forme cristalline, syncristallisation et même formule chimique. Cette égalité serait une égalité limite, c'est-à-dire que son approximation diminue à mesure qu'augmente la concentration.

Des expériences ont été effectuées pour comparer les chlorures alcalins. Le Tableau suivant renferme les résultats obtenus.

	Températures	5°.	10°.	15°.	20°.	25°.	30°.
$\theta = 1$	NaCl	161,6	140,6	122,0	109,0	97,6	88,9
	KCl	141,1	123,6	109,4	98,0	88,15	80,0
	RbCl	139,2	121,8	108,1	96,8	87,5	79,0
	NH^4Cl	141,0	123,6	109,0	97,3	87,3	79,4
$\theta = 0,5$	NaCl	»	»	117,8	103,5	92,6	83,4
	KCl	146,0	126,1	111,5	98,45	88,6	79,8
	RbCl	144,2	125,9	110,0	98,1	88,4	80,0
	NH^4Cl	146,1	127,3	111,5	99,5	89,2	80,0
$\theta = 0,25$	NaCl	»	»	115,3	101,0	90,4	81,4
	KCl	148,9	127,5	112,2	99,9	88,9	80,2
	RbCl	147,0	127,7	111,3	99,0	88,4	80,0
	NH^4Cl	150,8	127,8	113,2	100,2	89,2	80,3
Eau		151	130	113	100	89	80

Ce Tableau montre nettement que pour les trois chlorures isomorphes les nombres sont très voisins et que, au contraire, pour le chlorure de sodium, il y a un écart très sensible. Ces résultats sont encourageants. On ne peut malheureusement faire concourir à un contrôle de cette règle les

([1]) *Ann. Chim. Phys.*, 8e série, t. 29, 1913, p. 512.

nombres qu'on trouve dans les tables, car ils ne sont pas comparables, au moins directement. Il est cependant clair que, pour donner force de loi à une remarque de cette importance, il est indispensable de la soumettre à de multiples vérifications.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Hydrolyse diastasique des glucosides d'alcools. Détermination des poids moléculaires.* Note de **M. H. Colin** et **Mlle A. Chaudun**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Les lois mathématiques qui régissent l'hydrolyse diastasique du saccharose et des polysaccharides possédant une molécule de lévulose dépendent essentiellement du rapport des concentrations du sucre et de l'enzyme; les poids des différents sucres qui correspondent à une même quantité de sucrase sont proportionnels à leurs masses moléculaires.

Ces lois s'appliquent sans modifications à la décomposition, par l'*émulsine*, des glucosides d'alcools de la série β : méthyl, éthyl, propyl-glucosides, etc. (1).

Il suffit, pour le démontrer, d'établir expérimentalement que les poids a_1, a_2, a_3, ... des divers glucosides susceptibles de fixer la même dose N d'émulsine sont proportionnels à leurs poids moléculaires ou, ce qui revient au même, que les doses d'enzyme correspondant à un même poids des différents termes de la série sont en raison inverse des poids moléculaires.

La lenteur du phénomène d'hydrolyse, l'altérabilité de l'émulsine à la température de l'expérience (36°), la rareté des produits nous ont conduits à modifier de la façon suivante la méthode générale que nous avons décrite (2) : à un même poids A de chacun des glucosides, on oppose des doses croissantes d'émulsine et l'on détermine le volume de la solution diastasique à partir duquel la quantité de glucose mise en liberté n'augmente plus avec la concentration du ferment. Toutes les expériences ont été faites à 36°; on a dosé le glucose par réduction.

Voici les chiffres obtenus pour le méthylglucoside :

---

(1) Nous n'avons pu mener à bien ce travail que grâce à l'obligeance de M. Bridel, qui nous a laissés puiser dans sa riche collection de glucosides; il nous est agréable de lui exprimer ici notre vive gratitude.

(2) H. Colin et A. Chaudun, *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 278.

Conditions expérimentales.

Concentration en méthylglucoside, $a = 6^g$ pour 100;
Concentration en émulsine, n, variable.

Poids de glucose formé en 24 heures dans 100^cm³ de solution.

$n = 1^{cm^3}$ p. 100.	$n = 2^{cm^3}$.	$n = 3^{cm^3}$.	$n = 4^{cm^3}$.	$n = 5^{cm^3}$.
$0^g,17$	$0^g,35$	$0^g,49$	$0^g,56$	$0^g,55$

La vitesse d'hydrolyse est proportionnelle à la quantité d'enzyme dans les deux premières liqueurs; elle augmente encore avec la dose de ferment lorsqu'on passe de la deuxième solution à la troisième, puis à la quatrième; mais toute proportionnalité cesse et le poids maximum de glucose formé est égal à $0^g,56$; donc le volume n_1 de la solution d'émulsine, qui correspond à 6^g de méthylglucoside, est compris entre 3^{cm^3} et 4^{cm^3}. Il est facile de resserrer l'intervalle en faisant varier les conditions expérimentales et l'on trouve ainsi que n_1 est sensiblement égal à $3^{cm^3},10$.

Dans des opérations aussi délicates, nous avons jugé prudent de laisser de côté l'éthylglucoside, difficile à purifier et très hygroscopique. Le Tableau suivant résume les résultats obtenus avec le propyl, l'isopropyl, le butyl et l'isobutyl-glucosides.

Conditions expérimentales.

Concentration en glucoside, $a = 6^g$ pour 100;
Concentration en émulsine, n, variable.

Poids de glucose formé en 24 heures dans 100^cm³ de solution (¹).

	$n = 2^{cm^3}$.	$n = 2^{cm^3},4$.	$n = 2^{cm^3},8$.	$n = 3^{cm^3},2$.	$n = 3^{cm^3},6$.
Propylglucoside.......	g 0,40	g 0,49	g 0,54	g 0,55	g 0,54
Isopropylglucoside.....	0,51	0,61	0,69	0,68	0,69
Butylglucoside.........	0,38	0,45	0,49	0,48	0,49
Isobutylglucoside......	0,32	0,38	0,41	0,40	0,40

(¹) On voit, une fois de plus, qu'on ne saurait fonder sur les vitesses de réaction aucune déduction rigoureuse relativement à la grandeur des poids moléculaires. Le méthylglucoside se transforme moins vite que le butylglucoside normal, mais plus rapidement que le glucoside de l'alcool isobutylique $\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\rangle CH - CH^2OH$. La vitesse d'hydrolyse est nettement supérieure dans le cas de l'isopropylglucoside, glucoside d'alcool secondaire $CH^3 - CHOH - CH^3$, ce qui est bien conforme aux propriétés générales de la fonction alcool secondaire.

Les volumes n_2, n'_2, n_3, n'_3 de la solution d'émulsine correspondant à 6g de chacun des glucosides sont compris entre $2^{cm^3},4$ et $2^{cm^3},8$; en resserrant les intervalles comme on l'a fait pour le méthylglucoside ($n_1 = 3^{cm^3},10$), on trouve :

$$n_2 = 2^{cm^3},75, \quad n'_2 = 2^{cm^3},71, \quad n_3 = 2^{cm^3},60, \quad n'_3 = 2^{cm^3},56.$$

En multipliant chacun de ces nombres par le poids moléculaire du glucoside correspondant, on obtient les produits

$$194 \times 3,10 = 601,4, \quad 222 \times 2,75 = 610,5, \quad 222 \times 2,71 = 601,6,$$
$$236 \times 2,60 = 613,6, \quad 236 \times 2,56 = 604,1$$

égaux aux erreurs d'expériences près.

Les poids des divers glucosides susceptibles de s'unir à une même quantité d'émulsine sont donc entre eux comme les masses moléculaires de ces corps, et l'application des lois d'hydrolyse permet de déterminer les poids moléculaires de tous les termes de la série à partir d'un quelconque d'entre eux.

On peut évidemment étendre ces résultats aux glucosides naturels de même constitution que les glucosides de synthèse. Nous avons trouvé ainsi, pour le poids moléculaire de la salicine, 290 au lieu de 286, cela bien que le glucose soit fixé au groupement phénolique de la saligénine. Par contre, la méthode n'est pas applicable à l'amygdaline, glucoside complexe renfermant deux molécules de glucose et dont la décomposition exige, comme on le sait, l'intervention de plusieurs ferments.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les ions complexes formés par les sels d'argent et l'éthylènediamine en solution aqueuse.* Note de M. **P. Job**, présentée par M. G. Urbain.

Les sels d'argent donnent, avec l'ammoniaque, un ion complexe auquel on attribue (1) la formule $Ag(NH^3)^2$. Il m'a paru intéressant de comparer, à ce point de vue, l'ammoniac et l'éthylènediamine.

La méthode que j'ai employée est analogue à celle qui a été appliquée à l'étude des complexes d'argento-amine. En voici le principe :

---

(1) Bodländer et Fittig, *Zeitsch. f. phys. Chem.*, t. 39, 1902, p. 605. — Euler, *Berichte*, t. 36, 1903, p. 1854. — Bodländer, *Berichte*, t. 36, 1903, p. 2878.

Considérons une solution renfermant, par litre, E molécules d'éthylènediamine et A molécules de nitrate d'argent, et supposons la dilution en argent suffisante pour que ses sels, simple ou complexe, soient totalement dissociés en ions; soient C_{en}, C_{Ag} et C les concentrations en éthylènediamine libre, ion argent libre et ion complexe. Si cet ion complexe a pour formule $Ag^m en^p$ [1] on a évidemment : $C_{Ag} + mC = A$ (1) et $C_{en} + pC = E$ (2). D'autre part, la loi d'action de masse appliquée à l'équilibre : $m Ag^+ + p\,en \rightleftharpoons Ag^m en^p$ donne : $K.C^m_{Ag}.C^p_{en} = C$ (3). En particulier, si la concentration initiale en éthylènediamine est assez grande et la concentration en argent assez faible, on peut écrire $\frac{C^m_{Ag} \times E^p}{A} = \text{const.}$

Si donc, laissant constante la concentration en éthylènediamine, nous faisons varier la concentration en argent, le rapport $\frac{C^m_{Ag}}{A}$ doit rester constant, ce qui détermine m. Si nous faisons ensuite varier la concentration en éthylènediamine, le rapport $\frac{C^m_{Ag}}{A}$ doit être proportionnel à $\frac{1}{E^p}$, ce qui détermine p. Il suffit donc pour obtenir la formule du complexe, de mesurer les concentrations en ion argent de solutions d'éthylènediamine de concentration connue, auxquelles on ajoute, sans faire varier sensiblement le volume, des quantités croissantes de nitrate d'argent. Ces concentrations en ion argent s'obtiennent facilement par des mesures de force électromotrice.

Un fil de platine, argenté par électrolyse [2], plonge dans 100^{cm^3} d'une solution d'éthylènediamine (température 16°). On oppose à la différence de potentiel au contact du métal et du liquide, et par l'intermédiaire d'une solution saturée de sulfate de potassium, la force électromotrice d'une électrode normale au calomel. On suit les variations de la force électromotrice de la chaîne ainsi constituée, lorsqu'on ajoute à la solution fortement agitée, et dixième de centimètre cube par dixième de centimètre cube, une solution dixième normale de nitrate d'argent. Les concentrations en ion Ag se calculent par la formule logarithmique classique [3].

On trouve ainsi $m = 1$, $p = 2$; l'ion complexe a donc pour formule $Agen^2$. Les expériences précédentes donnent en même temps la valeur de la constante K.

---

(1) En désignant par « en » la molécule d'éthylènediamine.

(2) Il est prudent, pour obtenir des résultats constants, de réargenter le fil de platine avant chaque série d'expériences.

(3) J'ai vérifié que cette formule est applicable dans les conditions de mes expériences, en suivant électrométriquement la précipitation, par un chlorure alcalin, d'une solution $\frac{N}{1000}$ de nitrate d'argent. J'ai ainsi obtenu la valeur $0,9 \times 10^{-10}$ du produit de solubilité du chlorure d'argent à 16°.

Les équations (1), (2) et (3) donnent :

$$\log K = \log \frac{A}{C_{Ag}} - 2 \log(E - 2A),$$

à condition que C_{Ag} soit très petit par rapport à A (en fait, C_{Ag} a toujours été inférieur au millième de A). Les expériences ont porté sur des solutions d'éthylènediamine contenant 1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{20}$ et $\frac{1}{40}$ de molécule par litre, le volume de solution d'argent ajoutée variant de $0^{cm^3},2$ à 2^{cm^3} $\left(\text{solution } \frac{N}{10}\right)$. Les valeurs de $\log \frac{A}{C_{Ag}}$ s'obtenaient directement en retranchant la force électromotrice mesurée de celle qui correspond à l'addition du même volume de nitrate à 100^{cm^3} d'eau pure. Les différences ainsi obtenues varient de 433 à 252 millivolts et les concentrations en ion Ag de $5,52 \times 10^{-12}$ à $8,34 \times 10^{-8}$.

J'ai ainsi déterminé 60 valeurs de $\log K$, l'écart maximum n'atteint pas 4 pour 100 et la valeur moyenne est environ $K = 6,8 \times 10^{7}$.

Comme vérification de cette valeur de K, on peut mesurer la solubilité du chlorure d'argent dans une solution d'éthylènediamine. On calcule, en effet, facilement cette solubilité à partir de cette valeur et du produit de solubilité du chlorure d'argent. On trouve qu'une solution normale, par exemple, doit dissoudre $6,68 \times 10^{-2}$ molécule de chlorure d'argent par litre, l'expérience donne $6,66 \times 10^{-2}$; la vérification est donc excellente.

Mais si l'on opère sur des solutions plus diluées en éthylènediamine l'équation (1) cesse d'être vérifiée. En particulier, si à 100^{cm^3} d'une solution $\frac{N}{1000}$ de nitrate d'argent, on ajoute quelques dixièmes de centimètre cube d'une solution $\frac{N}{10}$ d'éthylènediamine, il disparaît à l'état de complexe une quantité d'ion argent à peu près double de celle que l'on aurait pu prévoir; tout se passe donc comme si, dans ces conditions, il se formait un ion de formule Agen.

Si cette hypothèse est exacte, la solution sera le siège des deux réactions d'équilibre :

$$Ag^{+} + en \rightleftharpoons (Agen)^{+}, \quad \text{avec} \quad k C_{Ag} C_{en} = C_1;$$

et

$$Ag^{+} + 2en \rightleftharpoons (Agen^{2})^{+}, \quad \text{avec} \quad K C_{Ag} C_{en}^{2} = C_2.$$

On a de plus les deux relations

$$E = C_{en} + C_1 + 2C_2 \quad \text{et} \quad A = C_{Ag} + C_1 + C_2,$$

où C_1 et C_2 sont les concentrations respectives des deux ions complexes. Les quatre équations précédentes ont permis d'obtenir les valeurs de k pour différentes concen-

trations en éthylènediamine $\left(\text{de } \frac{N}{300} \text{ à } \frac{N}{5000}\right)$ et différentes teneurs en argent (de 0,2 à 2×10^{-3}).

Les valeurs de k s'écartent peu de la valeur moyenne : 10^5 (1).

En résumé, l'ion argent forme avec l'éthylènediamine (en solution éteudue en sel d'argent) deux ions complexes de formules $Agen^2$ et Agen (2), ce dernier complexe n'existant en quantité appréciable que pour des concentrations très faibles en éthylènediamine. Les constantes d'équilibre relatives à ces ions sont respectivement de $K = 6,8 \times 10^7$ et $k = 10^5$, environ à 16°. Les affinités de l'ion argent, pour l'éthylènediamine sont donc en solution normale ($\psi = RT \log_e k$) :

$$Ag^+ + en = (Agen)^+ + 6700 \text{ calories, environ}$$

et

$$Ag^+ + 2en = (Agen^2)^+ + 10300 \text{ calories, environ.}$$

Cette dernière valeur coïncide presque exactement avec la valeur calculée par Bodländer (3) pour l'affinité de l'argent pour l'ammoniac.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Irido-dipyridino-dioxalates de potassium.* Note de M. Marcel Delépine, présentée par M. A. Haller.

Avant d'élucider la constitution des deux séries d'irido-dipyridino-tétrachlorures isomères, rouges et orangés $Ir(C^5H^5N)^2Cl^4M$ précédemment décrits (4), j'avais, en prenant pour point de départ certains dérivés oxaliques, envisagé et exécuté des expériences qu'il me paraît intéressant de relater.

M. Duffour ayant fait connaître l'irido-tétrachloro-oxalate $IrCl^4(C^2O^4)K^3$ dans lequel le radical oxalique est censé occuper nécessairement deux places contiguës, on se rend aisément compte que si l'on remplaçait sans dérangement de la structure le radical oxalique par 2^{mol} de pyridine, on obtiendrait

(1) Les écarts sont environ triples de ceux observés pour K. On ne saurait s'en étonner, les différences de potentiel qui s'introduisent dans les calculs étant très faibles. (Les valeurs les plus faibles ne sont que de quelques millivolts.)

(2) Ces formules ne fixent pas la constitution réelle de ces ions, qui peuvent renfermer des molécules d'eau de constitution. Il faut remarquer également que l'on connaît un composé solide de formule $AgNO^3$, 2en. (*Centr. blatt*, 1901, p. 1304.)

(3) *Loc. cit.* La valeur calculée par Bodländer se rapporte à 25°.

(4) M. Delépine, *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 1075, 1211.

le dérivé cis dipyridiné $IrCl^4(C^5H^5N)^2K$ et qu'il suffirait de constater si c'est un sel rouge ou un sel orangé qui s'est formé pour que la solution du problème soit atteinte. Malheureusement, dans l'action de la pyridine sur le sel précité, on obtient une combinaison $Ir(C^5H^5N)Cl^3(C^2O^4)K^2$, toute différente du sel attendu, combinaison d'ailleurs magnifiquement cristallisée. La pyridine se substitue au chlore et non au radical oxalique.

Toutefois, on tire de cette constatation une indication utile : en partant des dichloro-dioxalates $IrCl^2(C^2O^4)^2K^3$, si la même substitution de la pyridine au chlore s'exerce de préférence, on devra obtenir l'irido-dipyridino-dioxalate $[Ir(C^5H^5N)^2(C^2O^4)^2]K$. Même, *a priori*, les dichloro-dioxalates cis et trans, dont j'ai établi la constitution dernièrement (¹), devraient conduire aux dérivés dioxalatés dipyridinés respectivement en cis et en trans. Ensuite, on pouvait imaginer qu'à partir de ces combinaisons on saurait bien retourner à l'une ou à l'autre des séries d'irido-dipyridino-tétrachlorures. J'ai réalisé toutes ces expériences, mais les résultats nécessitent une interprétation qui revient à renverser, dans la plupart des cas, les espérances basées sur des réactions régulières.

Si l'on fait agir la pyridine pendant quatre heures à 130° sur l'irido-dichloro-dioxalate de potassium cis, racémique, dissous en 5 parties d'eau, on recueille environ 25 pour 100 d'un sel jaune bien cristallisé, qui correspond à la composition prévue en vertu de l'équation

$$IrCl^2(C^2O^4)^2K^3 + 2C^5H^5N = Ir(C^5H^5N)^2(C^2O^4)^2K + 2ClK.$$

A côté du sel cristallisé, il se forme d'abondants produits amorphes, jaunes, très solubles, ayant même composition que le sel cristallisé.

L'irido-dipyridino-dioxalate de potassium $Ir(C^5H^5N)^2(C^2O^4)^2K$ se présente en beaux cristaux de couleur jaune de soufre, tantôt en octaèdres très efflorescents, à $6H^2O$, tantôt en prismes clinorhombiques non efflorescents, à $2H^2O$, possédant sous les deux états des aspects des plus caractéristiques.

Si l'on traite ce sel par l'eau régale on le transforme en un tétrachlorure d'iridium dipyridiné $Ir(C^5H^5N)^2Cl^4$, lequel, sous l'influence de l'ammoniaque, donne les mêmes complexes spéciaux que le chlorure issu des sels *rouges*. On en conclut donc que la pyridine occupe les mêmes places dans les sels rouges et le dipyridino-dioxalate cristallisé, la pyridine étant censée ne pas bouger en vertu de la solidité avec laquelle elle est fixée; on retrouve cette même conclusion, si l'on traite le dioxalate par l'acide chlorhydrique; parmi toute une série de combinaisons on trouve un sel complexe qui est un irido-dipyridino-tétrachlorure d'irido-dichloro-diaquo-dipyridine : ce sel traité par un alcali donne un irido-dipyridino-tétrachlorure *rouge* et un composé hydroxylé

(¹) M. Delépine, *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 1408.

neutre qui représente un anhydride de l'hydroxyde théorique du sel :

$$[Ir(C^5H^5N)^2Cl^4][Ir(C^5H^5N)^2(H^2O)^2Cl^2] + HOK$$
$$= [Ir(C^5H^5N)^2Cl^4]K + HO[Ir(C^5H^5N)^2(H^2O)^2Cl^2] \rightarrow Ir(C^5H^5N)^2(H^2O)(OH)Cl^2.$$

Les autres produits formés dans la décomposition par l'acide chlorhydrique sont : le chloro-oxalate aquo-dipyridiné $Ir(C^5H^5N)^2(H^2O)Cl(C^2O^4)$, corps neutre, insoluble dans l'eau, soluble dans les alcalis; le chlorure de l'irido-dichloro-diaquo-dipyridine

$$Cl[Ir(C^5H^5N)^2(H^2O)^2Cl^2],$$

dissociable par l'eau en acide chlorhydrique et en l'anhydride cité plus haut; des traces de pyridino-pentachlorure $[Ir(C^5H^5N)Cl^5]K$ et de chlorhydrate de pyridine; enfin, de l'acide oxalique. Il serait aisé de faire ressortir la filiation de toutes ces substances.

En partant de l'irido-trioxalate $Ir(C^2O^4)^3K^3$ au lieu de dichloro-cis, on obtient également l'irido-dipyridino-dioxalate cristallisé (ainsi que l'amorphe). La configuration du cis-dichloro-dioxalate et du trioxalate étant avérée par les dédoublements de ces sels en isomères optiquement actifs, si l'on admet que l'irido-dipyridino-dioxalate a conservé leurs structures, on conclut doublement que les irido-dipyridino-tétrachlorures rouges ont leurs molécules de pyridine en cis. A ce titre, le dipyridino-dioxalate devrait être, lui aussi, dédoublable en antipodes; si l'on essaie ce dédoublement avec la strychnine, il échoue. J'ai alors pensé que ce sel s'était formé au prix de transpositions intramoléculaires, qui n'avaient rien de surprenant, puisque l'on doit chauffer, pour l'obtenir, longtemps à une température plutôt élevée et qu'on a vu que, dans ces conditions, les irido-dichloro-dioxalates se changeaient l'un dans l'autre. L'irido-dipyridino-dioxalate cristallisé, et, partant, les sels *rouges,* appartiendraient aux séries *trans-dipyridinées*. Cette conclusion s'est singulièrement renforcée par la constatation que l'on obtient le dipyridino-dioxalate cristallisé avec le dichloro-dioxalate trans et même qu'on l'obtient avec de meilleurs rendements dans un temps moindre. On retrouve donc, finalement, les conclusions déduites de la syncristallisation du chlorure iridique dipyridiné issu des sels orangés, avec le chlorure platinique dipyridiné d'Anderson.

Comme corollaire des expériences précédentes, il a été constaté que les produits amorphes, qui devaient avoir leur pyridine en cis, conduisaient bien aux sels orangés sous l'influence de l'acide chlorhydrique. La nature amorphe de ces produits et de leurs dérivés alcaloïdiques n'a pas permis, toutefois, d'expériences de dédoublement positives.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les cyclohexane-diols-1.2 et l'ortho-chloro-cyclohexanol.* Note de M. **Marcel Godchot**, présentée par M. Haller.

La mono-chlorhydrine du glycol cyclohexénique

$$\begin{array}{ccc} & H^2C \quad CHCl & \\ H^2C\langle & & \rangle CHOH \\ & H^2C \quad CH^2 & \end{array}$$

entrevue déjà par Fortey (1) au cours de ses recherches sur le pétrole de Galicie, a été obtenue, en 1920, d'une part par M. Detœuf (2) et d'autre part par MM. Osterberg et Kendal (3), par action d'une solution aqueuse d'acide hypochloreux sur le cyclohexène.

Désirant préparer une certaine quantité de cette chlorhydrine en vue d'autres recherches, j'ai eu recours, avec toute satisfaction, à la technique indiquée par M. Detœuf et qui repose sur l'emploi, comme source d'acide hypochloreux naissant, d'une solution aqueuse de monochlorurée acidifiée par l'acide acétique. Il me paraît tout d'abord intéressant de signaler qu'alors que MM. Osterberg et Kendal indiquent que la chlorhydrine est constituée par un liquide bouillant à 92° sur 10^{mm}, M. Detœuf au contraire la décrit comme étant un produit bouillant vers 84°-85° sur 16^{mm}, se changeant par refroidissement en une masse cristalline, dont le point de fusion au thermomètre plongeant dans la masse est de 8°. La chlorhydrine, obtenue par moi, bout bien vers 84°-85° sur 16^{mm}, mais, par refroidissement et séparation des cristaux d'une très petite quantité d'impureté liquide, il est facile d'obtenir, par cristallisation de ces cristaux dans un mélange benzène + ligroïne, de très beaux prismes fusibles vers 29°. On constate du reste qu'il ne se forme qu'une seule chlorhydrine, fusible à 29°, alors que la théorie prévoit l'existence possible de stéréo-isomères.

Abandonnés pendant plusieurs semaines, même à la lumière, ces cristaux restent inaltérés. Ils se combinent du reste à l'isocyanate de phényle pour donner une phényluréthane, constituée par de belles aiguilles prismatiques, très stables, fusibles à 97°-98° et dont l'analyse répond à la consti-

(1) *Chem. Soc.*, t. 73, p. 948.
(2) Thèse de doctorat, Paris, 1920, p. 66.
(3) *Americ. Chem. Soc.*, t. 42, p. 2616.

tution

$$\begin{array}{l} CH^2 \quad CH^2 \\ H^2C\langle \qquad \rangle CHO.CONHC^6H^5 \\ H^2C \quad CHCl \end{array}$$

(Cl pour 100 : trouvé, 14,01 ; calculé, 14,00).

La chlorhydrine, traitée par la potasse alcoolique, donne l'éther-oxyde

$$\begin{array}{l} H^2C \quad CH^2 \\ H^2C\langle \qquad \rangle CH\diagdown \\ \qquad\qquad\qquad\qquad O \\ H^2C \quad CH\diagup \end{array}$$

découvert par M. Brunel (¹) en décomposant de la même façon l'iodhydrine. Si l'on fait agir l'acétate d'argent sur la chlorhydrine dissoute dans l'acide acétique cristallisable, on constate, après ébullition, la formation de chlorure d'argent, et il est facile ensuite d'isoler l'éther monoacétique du cyclohexanediol

$$\begin{array}{l} CH^2 \quad CH^2 \\ H^2C\langle \qquad \rangle CH\,OH \\ H^2C \quad CH.O.CO.CH^3 \end{array}$$

liquide incolore bouillant entre 122°-124° sous 10^{mm}, dont la densité à 15° est égale à 1,091 et dont l'indice de réfraction par rapport à la raie D et à la même température est égale à 1,4685 (R. M. trouvée, 40,37; calculée pour $C^8H^{14}O^3$, 40,05).

Cet éther monoacétique, saponifié à l'aide d'une liqueur hydro-alcoolique de potasse, à l'ébullition fournit le glycol

$$C^6H^{10}\left\langle \begin{array}{ll} OH & (1) \\ OH & (2) \end{array}\right.$$

constitué par de beaux cristaux orthorhombiques, fusibles à 104°, identique par conséquent à l'orthocyclohexanediol découvert par M. Brunel et désigné par lui sous le nom de « cis-cyclohexanediol-1.2 » parce qu'il l'avait obtenu en hydratant l'éther-oxyde.

Or, récemment, M. Bœseken et ses élèves (²), au cours de très intéressantes recherches, semblent avoir démontré que le glycol de M. Brunel,

(¹) *Annales de Chimie*, 1905, p. 219 et 245.

(²) *Recueil des travaux chimiques des Pays-Bas*, t. 41 (4ᵉ série, t. 3), p. 333,

fusible à 104°, devait être au contraire regardé comme étant le glycol cis-trans. Entre autres preuves de cette assertion, les savants hollandais indiquent avoir réussi à dédoubler en ses antipodes optiques le glycol fusible à 104°; M. Derx, en effet, par action sur ce composé de l'acide sulfurique concentré, à la température de 0°, obtint le diéther sulfurique qui, combiné à la strychnine, lui fournit le sel de strychnine racémique dont la cristallisation fractionnée lui permit d'isoler le sel droit et le sel gauche. Ce chimiste put ensuite retirer du sel droit le diol dextrogyre fusible à 110°,5 ($\alpha_D^{20} = +41°16'$). Il semble donc que le glycol fusible à 104° doit être considéré comme étant l'isomère cis-trans, bien qu'un léger doute peut encore subsister, car il faudrait être assuré que l'action de l'acide sulfurique concentré sur le diol n'ait pas produit une transposition de ce composé en isomère cis-trans.

Quoi qu'il en soit, le fait que nous avons obtenu le glycol fusible à 104°, lors de la saponification de l'éther monoacétique, semble confirmer, dans une certaine mesure, les résultats si intéressants signalés par les chimistes hollandais, car, dans cette saponification, on ne peut guère concevoir la formation transitoire d'un éther-oxyde, seule circonstance sur laquelle M. Brunel s'appuyait pour désigner le glycol (104°) sous le nom de « cis ».

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur deux combinaisons définies du peroxyde et du camphre.* Note de MM. **Paul Pascal** et **Garnier**, présentée par M. H. Le Chatelier.

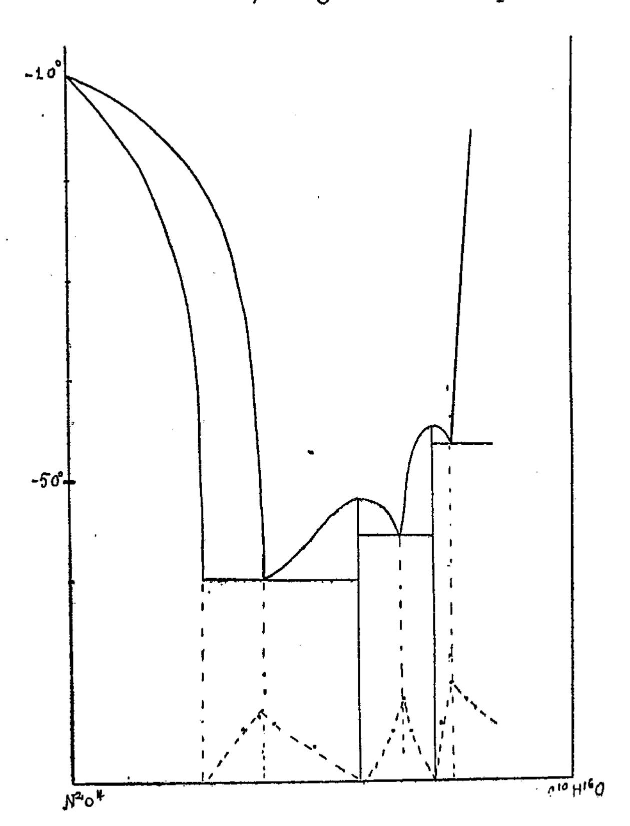
On sait depuis longtemps que le camphre possède la propriété d'absorber en se liquéfiant un grand nombre de gaz et de vapeurs. Le phénomène est souvent accompagné d'un dégagement de chaleur supérieur à celui que l'on pourrait attendre d'une simple dissolution mutuelle; en fait, il y a souvent combinaison véritable. C'est ainsi que l'on a déjà isolé une combinaison [1] du camphre et de l'acide azotique : $C^{10}H^{16}O + NO^3H$, et deux combinaisons [2] du camphre et de l'anhydride sulfureux : $SO^2 + C^{10}H^{16}O$ et $2SO^2 + C^{10}H^{16}O$.

Nous allons démontrer que le peroxyde d'azote donne aussi deux combinaisons définies avec le camphre.

---

[1] Reddelieu, *Journal für praktische Chemie*, t. 91, 1915, p. 213.
[2] Belluci et Grassi, *Gazzetta chimica italiana*, t. 44, (I), 1914, p. 559.

L'analyse thermique des binaires « camphre-peroxyde d'azote » est résumée dans le tableau ci-dessous, où figurent les températures commençante



et finissante f_1 et f_2, ainsi que les durées relatives de l'arrêt eutectique δ :

N^2O^4 pour 100.	f_1.	f_2.	δ.
100......	—10°,2	—10°,2	″
95......	—10,8	—12,0	″
89,9....	—12,5	—16,5	″
82......	—15,5	—24,5	″
75......	—21,5	—42,5	″
70,7....	—29	—60	1
65......	—37,6	—60	2,5
62,6....	—46,5	—60	3
59,8....	—60	—60	2,9
53......	—56,5	—60	2
50......	—53,5	—60	1,5
45......	—52,3	—60	ε

N^2O^4 pour 100.	f_1.	f_2.	δ.
42,5......	—52°,1	—55°,5	ε
40........	—52,2	—55,5	1
36........	—53,5	—55,5	2
34,9......	—55	—55,5	3
33,6......	—50	—55,5	2
31........	—46	—55,5	ε
30........	—45,7	—55,5	ε
27,8......	—45,5	—46,5	2,5
26........	—46,5	—46,5	4
24........	—38,2	—46,5	3,5
22........	—31	—46,5	3
20,2......	—17	—46,5	″

L'ensemble de ces déterminations, représenté par la courbe, met en évidence l'existence de deux combinaisons légèrement dissociées à leur point de fusion et ne se dissolvant pas mutuellement à l'état solide. Ce sont :

1° $5N^2O^4 + 4C^{10}H^{16}O$, fondant à $-52°$, titrant 43,08 pour 100 de peroxyde (trouvé : 43). Ce composé forme avec le peroxyde d'azote une série de solutions solides titrant au maximum 27 pour 100 de camphre à $-60°$.

2° $2N^2O^4 + 3C^{10}H^{16}O$, fondant à $-45°,5$, titrant 28,75 pour 100 de peroxyde (trouvé : 29) qui ne syncristallise pas avec le précédent. Il est d'ailleurs impossible de savoir exactement si ce composé donne des cristaux mixtes avec le camphre, car les binaires contenant une forte proportion de composé organique fondent vers la température ordinaire et subissent alors une décomposition très marquée.

Le système étudié donne lieu à la production de trois mélanges eutectiques :

1° Un mélange fondant à $-60°$, pour 60,5 pour 100 de peroxyde, et formé de cristaux de la combinaison $5N^2O^4 + 4C^{10}H^{16}O$ mêlés aux cristaux mixtes limites de peroxyde et de camphre (à 27 pour 100 de ce dernier).

2° Un mélange eutectique fondant à $-55°,5$, contenant 34,5 pour 100 de peroxyde, formé des cristaux des deux combinaisons signalées plus haut.

3° Un dernier mélange eutectique fondant à $-46°,5$ pour 26 pour 100 de peroxyde, formé de cristaux de la combinaison $2N^2O^4 + 3C^{10}H^{16}O$ mêlés probablement à des cristaux de camphre pur.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Contribution à l'étude du carburant national.* Note (¹) de MM. **Charles Baron** et **Albert Verley**, présentée par M. J.-L. Breton.

Les auteurs des Communications relatives au Carburant national (²), (³) remarquant que si l'on mélange en volume 90 parties d'essence et 10 parties d'alcool 95—96 centésimaux, il est impossible d'obtenir uu mélange homo-

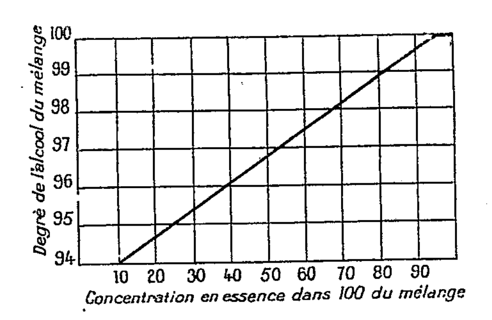
(¹) Séance du 29 janvier 1923.

(²) *Note d'ensemble sur les carburants* (Laboratoire central des Poudres).

(³) P. Loriette, ingénieur des Poudres, *Hygroscopicité de l'alcool* (*Congrès des Combustibles liquides*).

gène, tandis que l'alcool absolu se mélange en toutes proportions avec l'essence. Ils en tirent comme conclusion qu'il est nécessaire de déshydrater presque complètement l'alcool pour le mélanger à l'essence. Ce point de vue, qui est exact s'il s'agit d'incorporer 10 parties d'alcool à l'essence, cesse de l'être si les mélanges contiennent plus de 10 pour 100 d'alcool.

Nous avons étudié la solubilité de l'essence (dite *tourisme*), exempte de benzène, dans l'alcool à différents degrés, et le résultat de nos recherches est indiqué par la courbe suivante.



Ces mélanges ont été étudiés pour une température de 10° au minimum. Au-dessous de cette température, il y aurait séparation de l'alcool et de l'essence.

Toutefois, il y a un enseignement à tirer de ce travail, c'est que pour nos colonies, comme l'Indo-Chine par exemple, où l'on n'a pas à craindre d'abaissement de température au-dessous de 10°, on établirait un très bon carburant en faisant un mélange de 35 parties d'alcool à 98° et 65 parties d'essence.

Nous avons trouvé qu'on préparait très facilement un alcool à 98° en introduisant dans l'alcool industriel à 90° moitié de son poids d'acétate de potassium et 10 pour 100 d'un phénol supérieur comme le crésol. Dans ces conditions, sans aucune colonne rectificatrice, ce qui est très important, les $\frac{3}{5}$ de l'alcool initial passent à 98° alcoométriques; le mélange restant dans l'alambic est chauffé à la pression ordinaire jusqu'à 150° et donne un alcool à 95°.

La masse liquide et homogène d'acétate de potassium aqueux restant dans l'alambic est soumise à l'action du vide; immédiatement elle foisonne, se trouve déshydratée et prête à servir à une autre opération; on n'a pu observer de pertes sensibles en acétate et en phénol.

Il est bien évident que ce procédé rapide et économique, mais qui ne

donne que de l'alcool à 98°, n'est pas applicable en France où il est nécessaire d'employer de l'alcool presque absolu.

Le procédé de M. Loriette, à l'oxyde de calcium, permettra de l'obtenir; mais dans le but de limiter la consommation de chaux, qui est déjà considérable, il est nécessaire, dans ce procédé, de partir d'alcool à 95°-96°, ce qui oblige à employer des rectificateurs très puissants qui dépensent une grande quantité de combustible.

Il semble que la technique nouvelle de l'atmolyse des vapeurs, qui a été communiquée le 15 janvier (p. 166) à l'Académie par MM. Ed. et R. Urbain, apporte une autre solution élégante et purement mécanique au problème de la préparation de l'alcool anhydre.

GÉOLOGIE. — *Contribution à l'étude de la circulation des eaux dans la craie.* Note de M. F. **Diénert**.

Nous avons indiqué, dans une précédente Note [1], comment s'était établie la circulation souterraine au voisinage des sources dans les terrains fissurés.

Un problème bien plus important, non encore résolu, est celui de la recherche des règles qui ont présidé à l'établissement de la circulation souterraine sous un périmètre d'alimentation.

Les fissures, qui régissent cette circulation, se sont-elles formées au hasard? Déjà Daubrée avait montré, par des expériences de laboratoire, que la fissuration d'une roche élastique se faisait suivant des directions privilégiées. L'abbé Paramelle, dans son livre sur « l'art de découvrir les sources », a essayé d'établir quelques règles pratiques, basées sur le résultat de ses observations personnelles, synthétisant la circulation souterraine. Ce sont, pour la plupart, des règles empiriques, non établies scientifiquement et souvent inexactes.

Les sourciers ont cherché à démontrer que, grâce à la baguette de coudrier, ils pouvaient déterminer l'emplacement, la profondeur et le débit des courants souterrains. Leurs affirmations ne sont pas encore scientifiquement établies.

Dans la présente Note nous allons montrer ce que l'on peut tirer de nos nombreuses expériences de coloration, faites dans les régions de la Vanne, en ce qui concerne la circulation souterraine de la craie sénonienne.

---

[1] *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 125.

Tous les faits connus démontrent que, sans fissure, la craïe ne fournirait pas d'eau. L'eau qui peut s'infiltrer (1) à travers un bloc de craie n'exsuderait pas s'il n'y avait pas de fissures dans la craie pour la drainer. Dans la région crayeuse du Senonais, on connaît l'existence de rivières souterraines, de grottes, etc.

Les expériences à la fluorescéine, faites en nombreux points du périmètre, ont montré les résultats suivants dans la vallée de la Vanne :

Dans la partie amont du ru de Dillo, à la sortie du lavoir de Villechetive, on constate une capture des eaux souterraines par la vallée de Cerisiers. Puis les eaux suivent cette vallée, colorent en passant les puits de Cerisiers et de Vaumont et ressortent aux sources du Miroir et de Noë. Les diaclases se tiennent ainsi aux environs de cette vallée.

Plus à l'aval du ru de Dillo, à la naissance du ru de Saint-Ange, les eaux souterraines suivent les sinuosités de la vallée. Elles paraissent au Crau du Sonei, dans les puits à courant des Bordes et ressortent aux sources de Cochepies.

A l'amont de la vallée de Berulles, à la Rue Chèvre, les eaux souterraines suivent la vallée, colorent les puits de Bœurs-en-Othe, passent près de Berulles, puis franchissent une falaise de craie pour aller ressortir aux sources d'Armentières, dans la vallée de la Vanne.

Nous limitant à ces expériences, on constate que partout, le long des grandes vallées, on retrouve la fluorescéine, même quand le parcours est sinueux. Ceci n'est certes pas dû au hasard et il semble bien que, dans cette région, il existe une relation entre le creusement des grandes vallées et la direction principale d'écoulement des eaux souterraines vers ces sources.

Loin de nous l'idée de conclure à un parallélisme parfait entre les sinuosités des vallées et celles des diaclases souterraines.

Ces diaclases principales ont exercé des captures de diaclases latérales dont les unes suivent très certainement la direction des vallons superficiels. Il y a quelques exceptions cependant, par exemple, les eaux du ru de La Fontaine, affluent du ru de Saint-Ange, ne passent pas par les puits des Bordes et coupent, sous la falaise de craie, pour rejoindre les sources de Cochepies.

---

(1) En se plaçant dans un endroit frais, une cave par exemple, il est facile de montrer que l'eau peut s'infiltrer à travers le bloc de craie de Sens. L'ordre de grandeur de cette infiltration est de 16^l par mètre carré de surface et par jour, pour une charge de 1^{cm} d'eau.

Les phénomènes de capture souterraine s'observent quand les vallées suivent une direction autre que celle du pendage. Les captures des eaux de la vallée de Vaujurennes par la source de La Bouillarde, de la vallée de Berulles par la source d'Armentières, du ru de Dillo par la vallée de Cerisiers peuvent être ainsi expliquées.

L'éloignement des eaux souterraines de la vallée de La Fontaine s'explique par ce fait que ces eaux circuleraient à contrepente du pendage.

Mais toutes les fois que la source suit une direction parallèle à celle du pendage, la direction générale des diaclases souterraines reste dans le voisinage de cette vallée.

Ce n'est que par des travaux semblables et répétés dans d'autres régions de formations géologiques différentes qu'on pourra arriver à synthétiser les règles de la circulation souterraine dans les terrains fissurés.

GÉOLOGIE. — *Sur l'existence de calcaires à Fusulines ouraliens en Transcaucasie méridionale.* Note de M. **Pierre Bonnet**, présentée par M. Émile Haug.

On ne connaissait du Carbonifère en Transcaucasie méridionale, avant mes recherches, que ses deux termes inférieur et moyen, développés l'un et l'autre dans les chaînes du moyen Araxe et complètement inconnus dans la région de Djoulfa.

J'ai pu découvrir d'abord dans la région de Djoulfa ([1]) le Carbonifère avec ses trois termes complets sous le Permien bien connu de cette localité; j'ai retrouvé ensuite ([2]) la même succession dans le Daralagœz, et j'ai ainsi constaté, dans toute cette région, la présence de l'Ouralien dont l'absence avait été affirmée par Frech, allégation répétée à la suite de celui-ci par F. Oswald.

Mais j'ai décrit alors cette formation comme représentée par des « calcaires noirs à Foraminifères », dont l'examen microscopique ne me révélait aucune forme caractéristique; et c'est sa situation stratigraphique, en continuité et concordance entre les calcaires à *Fusulinella sphærica* du Moscovien et les calcaires à *Productus intermedius* de la base du Permien, qui me la fit attribuer au Carbonifère supérieur.

([1]) *Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 746.
([2]) *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 1741.

J'ai pu retrouver depuis, dans le Daralagœz, quelques rares gisements où ce Carbonifère supérieur se présente sous le faciès typique de calcaire à Fusulines. Ces Foraminifères sont bien distincts à l'œil nu, et l'étude microscopique d'un certain nombre d'échantillons m'a révélé la présence de : *Fusulina Verneuili* Möll., *F. Loutouguini* Schellw., accompagnées d'*Endothyra*, *Textularia*, *Bigenerina*, *Hemidiscus* et autres formes indifférentes que j'avais déjà observées dans le calcaire à Foraminifères de Djoulfa.

De plus, de nouvelles plaques minces pratiquées dans ce dernier calcaire, où je n'avais d'abord trouvé que ces formes non caractéristiques, m'y ont montré la présence de la même *Fusulina Verneuili*, quoique en nombre très restreint.

La présence de ces formes de Fusulines, essentiellement ouraliennes, confirme paléontologiquement l'attribution stratigraphique que j'avais déjà faite de ces calcaires du Daralagœz et de Djoulfa au Carbonifère supérieur, lequel est donc indiscutablement représenté ici.

Il n'y a donc eu en Transcaucasie, à la fin du Carbonifère, non seulement aucune émersion, ni *aucune formation de chaîne hercynienne*, ainsi que je l'avais d'ailleurs déjà soutenu à l'encontre de l'opinion antérieurement admise, mais il s'est même produit au Carbonifère supérieur un approfondissement du géosynclinal, entraînant une disparition totale des Zoanthaires, qui existent encore dans le Moscovien, et réalisant le faciès pélagique du calcaire à Fusulines.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur les terrasses d'obturation glaciaire.* Note [1] de M. **Raoul Blanchard**, présentée par M. Ch. Barrois.

Les terrasses alluviales n'apparaissent qu'exceptionnellement dans les régions occupées par les glaciers quaternaires. Dans les Alpes françaises, on les voit commencer brusquement au droit des moraines dites würmiennes, superposées parfois sur six, huit, dix niveaux, tandis qu'en amont, le long des ombilics et des auges, elles disparaissent à peu près complètement. Les seuls lambeaux qu'on y rencontre sont des débris alluviaux interstadiaires, qu'un retour offensif du glacier a labourés et déformés : terrasse des Déroux dans la Combe de Savoie, terrasse d'Embrun et de Mont-Dauphin le long de la Durance.

---

[1] Séance du 5 février 1923.

Cependant çà et là, au milieu des territoires jadis occupés par les glaciers, apparaissent de remarquables séries de terrasses. Du nord au sud des Alpes françaises, nous en trouvons ainsi sur le Borne, affluent de gauche de l'Arve, issu du massif calcaire du Genevois; sur le cours moyen du Fier, entre le défilé du Val-de-Fier et les gorges de Lovagny, et tout au long de son affluent le Chéran; le long de la Fure et de la Morge, affluents de l'Isère descendant du seuil de Rives; sur l'Arc, dans le bassin de Lanslebourg; sur le Drac, dans la région dite du Beaumont, entre les gorges d'Avignonnet et celles d'Aspres-les-Corps, et le long de son affluent l'Ebron, dans le Trièves; sur le Drac encore, en Champsaur; le long du Buech, depuis Sisteron jusqu'aux abords de Serres; sur la Sasse, affluent de gauche de la Durance moyenne.

Cette liste est loin d'être limitative, et nous sommes persuadé qu'on trouverait d'autres exemples, en particulier dans les Préalpes. On devine tout l'intérêt qui s'attache à ces phénomènes, au point de vue des cultures, des communications et de l'habitat.

Le caractère commun à toutes ces terrasses, c'est qu'elles ne correspondent à rien de semblable vers l'aval. Les terrasses du Fier-Chéran s'arrêtent au Val-de-Fier, et en aval, sur le Rhône, on ne retrouve pas trace de semblables phénomènes jusqu'au confluent de l'Ain. Les terrasses de la Fure, qui sont si nombreuses et si nettes, sont séparées par un hiatus de celles qui apparaissent le long de l'Isère dans la région de Vinay, et qui d'ailleurs ne leur correspondent pas. Celles du bassin de Lanslebourg s'arrêtent au verrou de Termignon. Les terrasses du Beaumont et du Trièves ne se continuent ni le long du Drac inférieur ni le long de l'Isère dans la cluse de Grenoble. Celles du Champsaur ne se raccordent pas à celles du Beaumont. Les niveaux du Buech et de la Sasse ne paraissent pas se continuer par les terrasses de la Durance qui se développent à l'aval de Sisteron. Il faut donc en conclure que le niveau de base en fonction duquel se sont formées ces terrasses n'était pas un facteur d'ordre général, mais bien un phénomène local, agissant à l'issue de la vallée intéressée.

Ce niveau de base local, cet obstacle tour à tour relevé et abaissé en fonction duquel se sont formées et recreusées les terrasses, ne peut être que la masse du glacier occupant encore le thalweg où aboutit la vallée à terrasses, celle-ci étant déjà libre de glaces sur une certaine étendue ou totalement. C'est bien le cas pour tous les exemples envisagés : glacier de l'Arve pour le Borne, glacier du Rhône pour le Fier, de l'Isère pour la Fure,

du Doron de Termignon pour l'Arc de Lanslebourg, de la Romanche pour le Drac moyen et l'Ebron, de la Séveraisse pour le haut Drac, de la Durance pour le Buech et la Sasse. Le fait a déjà été indiqué d'ailleurs, assez rapidement, par A. Penck, par exemple à propos du Söllbach, affluent du Tegernsee ([1]); plus explicitement, à propos du Drac moyen, par MM. P. Lory et Ch. Robequain ([2]).

Au même phénomène nous paraissent d'ailleurs se rattacher les terrasses des fjords norvégiens, résultant de l'accumulation de matériaux à l'issue d'un affluent déglacé barrée par le glacier du fjord principal, et celles des lacs du versant suédois, déjà libres lorsqu'une couronne de glace encerclait encore la base de la montagne. Des photographies de l'Himalaya occidental en fournissent aussi d'admirables exemples.

L'ampleur de ces terrasses, qui dans les vallées précédemment citées des Alpes françaises peuvent s'allonger sur 20^{km} et 30^{km}, leur épaisseur, leur nombre, peuvent donner une idée de l'importance du rôle qu'un glacier peut tenir comme niveau de base, rôle qui se traduit non seulement par le comblement alluvial de vallées affluentes déglacées, mais aussi par des phénomènes d'érosion sur les flancs de la vallée principale au-dessus de la surface du glacier, comme ces entonnoirs d'érosion décrits par M. J. Blache sur le flanc gauche du Grésivaudan. Cette fixité temporaire de certains niveaux de base glaciaires nous paraît ainsi un phénomène dont il faut tenir grand compte dans l'étude morphologique des régions occupées jadis par les glaciers.

Nous proposons de donner aux terrasses formées dans ces conditions le nom de *terrasses d'obturation glaciaire*.

([1]) *Die Alpen im Eiszeitalter*, t. 1, p. 171-172.

([2]) P. Lory, *Sur un cas remarquable d'épigénie glaciaire* (*Archives des Sciences physiques et naturelles de Genève*, 4e période, t. 14, novembre 1902); *Le Pléistocène de la région grenobloise* (*Annales de l'Université de Grenoble*, t. 15, 1903). M. Robequain a repris et développé ces conclusions à propos de l'Ebron (Le Trièves, *Étude géographique*, dans *Revue de Géographie alpine*, t. 10, 1922). M. A. Allix avait déjà indiqué un phénomène semblable dans la région de Chichilianne (*La Morphologie glaciaire en Vercors* dans *Rec. Trav. Institut de G. alpine*, t. 2, 1914, p. 137 et 177).

PALÉONTOLOGIE. — *Sur le raccourcissement du maxillaire inférieur des mastodontes et des éléphants.* Note de M. SABBA STEFANESCU.

Aichel[1] affirme (p. 77) que « pendant et après l'usure des molaires par la mastication, la partie antérieure du maxillaire inférieur des éléphants se raccourcit par résorption », et « parce que la résorption a lieu après la chute de chaque molaire; pendant toute la durée du développement ontogénique, depuis la naissance jusqu'à la vieillesse, le maxillaire inférieur des éléphants s'allonge en arrière par apposition et se raccourcit en avant par résorption ». Or, d'après mes recherches, *s'il est incontestable que le maxillaire inférieur des éléphants s'allonge en arrière par apposition, il n'est pas encore démontré qu'il se raccourcit en avant par résorption.* Je fonde cette affirmation sur les faits suivants :

I. La Paléontologie nous enseigne que les éléphants sont les descendants des mastodontes. Il nous est donc permis d'admettre en principe, qu'à part les différences dans l'amplitude, le maxillaire inférieur des éléphants et des mastodontes, pendant la durée du développement ontogénique, subit l'action des mêmes facteurs biologiques. Par conséquent, *pour étudier les changements du maxillaire inférieur des éléphants, nous sommes obligés d'étudier d'abord les modifications du même maxillaire des mastodontes.*

a. Les paléontologistes savent qu'il y a des mastodontes tétrabelodontes, dont le maxillaire inférieur, terminé en avant par une rigole symphysiale, est prolongé par un bec long et large, sur le bord antérieur duquel sont implantées les défenses inférieures. Ils savent en outre qu'il y a des mastodontes dibelodontes, et que, parmi ceux-ci, les uns, tels que *Mastodon Pentelici* [2], ont le maxillaire inférieur allongé comme celui des mastodontes tétrabelodontes, tandis que d'autres, tels que *Mastodon arvernensis*, l'ont raccourci comme celui des éléphants.

b. D'après les données actuelles de la Paléontologie, *Mastodon arvernensis* est la plus récente espèce du phylum des mastodontes bimolopho-

---

(1) *Kausale Studie zum ontogenetischen und phylogenetischen Geschehen am Kiefer, unter besonderer Berücksichtigung von Elephas und Manatus,* 1918.

(2) SCHLESINGER, *Die Mastodonten des Naturhistorischen Staatsmuseums,* pl. XXV, fig. 1-3, 1921, p. 187.

dontes : *angustidens* → *longirostris* → *arvernensis*, chez lequel on peut suivre le raccourcissement graduel du maxillaire inférieur, à partir du bout initial (*angustidens*) vers le bout terminal (*arvernensis*). Il s'ensuit donc que *le raccourcissement du maxillaire inférieur des mastodontes bimolophodontes, et par conséquent le raccourcissement du même maxillaire des éléphants qui sont leurs descendants, n'est pas ontogénique mais phylogénique.* J'ai constaté *de visu* que le maxillaire inférieur d'un fœtus d'*Elephas africanus* que j'ai disséqué, à part les proportions et la non-ossification de l'articulation symphysiale de ses deux moitiés, ressemblait tout à fait à celui des individus adultes de la même espèce.

c. Chez tous les mastodontes à maxillaire inférieur long, tant tétrabelodontes (*angustidens longirostris*) que dibelodontes (*Pentelici*), *la chute des molaires n'entraîne pas le raccourcissement par résorption dudit maxillaire*, et puisque chez les éléphants la chute des molaires s'opère de la même façon que chez les mastodontes, il s'ensuit que *le maxillaire inférieur des éléphants n'est pas non plus raccourci par résorption.*

d. Il est indéniable que la chute des molaires provoque d'importantes modifications dans la conformation du maxillaire inférieur de tous les mastodontes et de tous les éléphants; mais, d'après mes recherches, *ces modifications n'intéressent que les alvéoles et le bord alvéolaire; la partie basale et la partie antérieure du maxillaire n'est pas influencée par l'accomplissement de cet acte physiologique.*

II. D'après Aichel (p. 78), le maxillaire inférieur des éléphants doit se raccourcir en avant par résorption, car s'il ne se raccourcissait pas, « dans le cours de son développement continuel, il rencontrerait le maxillaire supérieur, croîtrait à travers, ou la bouche serait obstruée ». Or, normalement cela ne pourrait pas arriver, car dans toute la vie de l'animal, la conformation des deux maxillaires, supérieur et inférieur, est constamment en corrélation qui leur assure le fonctionnement. C'est ainsi que chez tous les mastodontes tébrabelodontes (*angustidens, longiroshtris*) et dibelodontes à maxillaire inférieur long (*Pentelici*), *quoique le maxillaire inférieur est de beaucoup plus long que le maxillaire supérieur, la fonction de mastication s'accomplissait sans entraves.* Sur les figures de têtes de mastodontes et d'éléphants publiées par Falconer [1], la corrélation des deux maxillaires est clairement indiquée. La bouche de l'animal étant fermée, les parties antérieures des deux maxillaires sont presque parallèles.

---

[1] *Fauna Antiqua Sivalensis*, Part V, 1847, pl. 44-45.

III. D'après Aichel (p. 100), « si le maxillaire inférieur des éléphants ne se raccourcissait pas en avant par résorption, toute la série des molaires trouverait place en même temps » sur son bord alvéolaire. Or cette conclusion est anéantie par le fait que *quoique le maxillaire inférieur des mastodontes angustidens, longirostris, Borsoni, Pentelici, etc. est long, à aucun moment de leur vie la série complète des six molaires ne trouvait place en même temps et ne fonctionnait à la fois.* D'après Zitel [1], chez les mastodontes « il n'y a jamais en même temps en usage plus de trois molaires », et chez les éléphants « il n'y a jamais soit qu'une seule molaire, soit au plus deux molaires en même temps en usage à chaque mâchoire ».

PHYSIOLOGIE. — *Unité de métabolisme énergétique et masse active des organismes.* Note de MM. **Émile-F. Terroine**, **A. Feuerbach** et **E. Brenckmann**, présentée par M. Henneguy.

Préciser les causes des différences d'intensité du métabolisme énergétique chez les êtres vivants et trouver une unité de métabolisme commune à tous fut toujours une préoccupation dominante des physiologistes. Une telle unité fut à peu près unanimement adoptée depuis 1882. Fondée sur la double conception que l'intensité de la thermogenèse est commandée uniquement par celle de la thermolyse, et que la thermolyse est fonction de la surface cutanée, elle se calcule d'après la loi des surfaces (Rubner, Richet).

Cependant, une telle unité ne peut être universelle, la loi des surfaces ne pouvant évidemment se comprendre que pour les homéothermes. D'autre part, tout un ensemble de recherches récentes tendent à établir que la conception servant de base à la loi des surfaces est erronée. Particulièrement important à cet égard est le fait mis en évidence par Lapicque [2] : c'est seulement au point de neutralité thermique que la loi des surfaces s'applique exactement aux diverses espèces homéothermes, quelle que soit leur taille, homme, chien, pigeon, cobaye. Très justement, Lapicque conclut : *Mais alors cette loi des surfaces ne peut plus être expliquée par le besoin de chaleur ; ... elle repose sur quelque fait de physiologie générale plus profond qui reste à déterminer.* Il devenait alors naturel de reprendre l'idée, autrefois émise par E. Voit, d'un rapport entre l'intensité du métabolisme et la masse active

---

(1) *Traité de Paléontologie*, t. 4, 1894, p. 462, 469.
(2) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1526.

de l'organisme, constituée par les matières albuminoïdes. Une telle hypothèse recevait l'appui considérable d'un travail de Moulton concluant, d'analyses faites sur le bœuf, à la proportionnalité du taux de l'azote, non avec le poids du corps, mais avec la surface.

Amenés par ailleurs à étudier la composition globale des organismes, nous avons utilisé les données acquises pour rechercher si véritablement on pouvait envisager l'existence d'un rapport direct entre l'intensité du métabolisme et la teneur en azote.

Or, si l'on veut tenter de discuter l'existence d'un tel rapport, il faut avant tout rechercher si la teneur en azote est proportionnelle au poids ou si, au contraire, elle ne l'est pas, pas plus que ne l'est l'intensité du métabolisme (loi des tailles). C'est ce que nous avons étudié soit à l'intérieur d'une même espèce, soit chez des individus d'espèces différentes.

1° *Le taux de l'azote et les variations de poids à l'intérieur d'une même espèce.* — De très nombreuses déterminations faites, soit sur des sujets normaux, soit sur des sujets inanitiés appartenant à deux espèces (souris et veuve à collier d'or) montrent que le taux de l'azote est rigoureusement proportionnel au poids. Ce fait ressort très nettement des chiffres ci-dessous qui constituent nos valeurs expérimentales extrêmes :

	Souris.		Veuve à collier d'or.	
	Poids.	N en pour 100 du poids.	Poids.	N en pour 100 du poids.
Sujets normaux	28,886	2,6	12,638	3,64
	10,967	2,9	17,845	3,72
Sujets inanitiés	7,218	3,0	12,105	4,0
	21,009	3,0	18,632	4,1

Il est facile de voir que le poids peut varier dans la proportion de 1 à 3, le taux de l'azote reste proportionnel au poids.

2° *Le taux de l'azote et les espèces de taille différente.* — Nos résultats expérimentaux ne permettent pas à eux seuls des comparaisons entre les espèces. Nous les avons comparés, en les calculant en substances protéiques ($N \times 6,25$) à quelques analyses antérieures :

	Matières protéiques par kilogramme d'animal.
Souris (d'après les présentes recherches)	175g
Bœuf demi-gras (calculé d'après Tereg)	181
Homme adulte (d'après Bouchard)	160
Lapin (d'après Rubner)	178

Cette comparaison montre que la teneur en matières albuminoïdes est à peu près identique chez toutes les espèces étudiées, alors qu'on sait que ces espèces présentent des différences considérables dans l'intensité du métabolisme.

Il ressort de ces faits qu'on doit donc abandonner toute idée de rapporter directement et uniquement l'intensité du métabolisme à la teneur en N.

Doit-on cependant renoncer à l'idée plus générale de relier l'intensité du métabolisme, et par conséquent de fixer une unité, à la constitution chimique des organismes ? En aucune manière, et d'autres hypothèses sont dès maintenant à examiner. En particulier la loi explicitement formulée par Palladine ([1]) dès 1896, à la suite de ses recherches sur la respiration des végétaux, loi qu'il considérait comme « une nouvelle propriété générale de la matière vivante » et d'après laquelle l'intensité respiratoire serait rigoureusement proportionnelle à l'azote non digestible (c'est-à-dire en fait à l'azote nucléinique), demande à être soumise à nouveau au contrôle expérimental.

Cette loi, que Palladine lui-même n'a pas réussi à vérifier complètement, reprend en effet une importance toute nouvelle à la suite de recherches (Warburg, Osterhout, etc.) tendant à montrer l'influence du noyau dans les processus respiratoires. Nous poursuivons actuellement l'examen de sa valeur tant sur les animaux que sur les végétaux.

BIOLOGIE. — *La tendance à l'albinisme chez les Hybrides de Canard Pilet mâle* (Dafila acuta *L.*) *et de Cane sauvage* (Anas boschas *L.*). Note de M. **Albert Lécaillon**, présentée par M. Henneguy.

On sait que des cas d'albinisme partiel ou même total se produisent chez les animaux les plus divers : le tégument ou les appendices qu'il porte (poils, plumes, écailles), au lieu de conserver les teintes habituelles qui caractérisent les espèces, acquièrent des couleurs plus claires ou même plus ou moins blanches. J'ai constaté que dans les Hybrides issus d'un croisement pratiqué entre un Canard Pilet mâle et une Cane sauvage ([2]) il y a une forte tendance à l'albinisme qui se fait sentir aussi bien chez les mâles que chez les femelles, et peut porter plus particulièrement sur tout ou partie du plumage et aussi sur la couleur du bec et des pattes (je n'ai fait aucune observation sur la couleur des yeux).

Mes observations ont été faites sur une quarantaine de sujets provenant de plusieurs couvées produites par des Hybrides de diverses générations, notamment par un mâle de première génération accouplé avec une Cane sauvage, et par un mâle résultant de ce dernier croisement et accouplé avec une femelle de même origine.

([1]) *Revue de Botanique*, t. 8, 1896, p. 225-248.
([2]) Voir *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 885 et 1431.

L'albinisme total du plumage se produisit sur cinq de ces sujets. A l'état de poussins, le duvet de ceux-ci était d'un blanc pur ou d'un blanc légèrement jaunâtre. La couleur des autres poussins était très différente (des parties de couleur très foncée, surtout sur le dos, mélangées de parties plus claires). Chez les trois albinos adultes qui sont actuellement encore vivants et qui comprennent deux mâles et une femelle, le plumage est totalement blanc. Le bec est jaune tirant très légèremenr au rougeâtre et les pattes sont rouges; la couleur du bec et des pattes est beaucoup plus foncée chez le Pilet et chez le Canard sauvage typiques.

Les cas d'albinisme partiel sont beaucoup plus nombreux que ceux d'albinisme total, et ils présentent des degrés de développement fort variables. Aussi bien chez le Canard sauvage que chez le Pilet, certaines parties du plumage sont normalement blanches ou de couleur très claire, et cela aussi bien dans un sexe que dans l'autre. Mais si l'on tient compte de ce fait, on reconnaît néanmoins qu'il y a des sujets hybrides qui peuvent être échelonnés, au point de vue de l'albinisme, en une série graduée, allant depuis l'aspect normal des individus ayant les caractères typiques des deux espèces parentes jusqu'à l'albinisme total.

Mais, chez certaines femelles hybrides notamment, l'albinisme ne se fait pas sentir du tout, et même il y a plutôt une tendance au mélanisme, car le plumage a, dans son ensemble, une teinte plus foncée que dans la plupart des femelles typiques des deux espèces parentes. A ce sujet il convient de rappeler que, chez les Lépidoptères, Arnold Pictet, en 1912, a constaté que le mélanisme et l'albinisme pouvaient être produits par une même cause agissant sur des individus différents de la même espèce, et même que certains individus pouvaient être considérés comme mélanisants dans certaines parties des ailes et comme albinisants dans d'autres parties (¹).

L'idée que la tendance à l'albinisme correspond à un affaiblissement des organismes chez lesquels on l'observe est généralement admise. Pour les animaux domestiques, par exemple, il en serait ainsi. Le manque de production de pigment, ou la production d'un pigment moins foncé ou moins abondant, indiquerait une activité cellulaire diminuée. Sous ce rapport, je dois dire que les Hybrides albinos ou albinisants, dont il est question dans la présente Note, ne semblent pas être moins actifs ni moins vigoureux que

---

(¹) *Recherches expérimentales sur les mécanismes du mélanisme et de l'albinisme chez les Lépidoptères* (*Mémoires de la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève*, vol. 37).

les sujets ayant conservé des couleurs qui les rapprochent davantage des formes parentes.

On trouve fréquemment, dans les bandes de Canards sauvages qui passent à l'automne, des sujets bariolés ou même complètement blancs; mais on ne savait au juste comment expliquer ce fait. On pensait pourtant qu'il devait y avoir parmi eux des métis provenant du croisement de Canards sauvages avec des Canards domestiques et aussi, peut-être, des Hybrides provenant de l'union de Canards sauvages avec d'autres espèces de Canards. Or, le Canard sauvage et le Canard Pilet, fréquentant des régions communes et s'accouplant ensemble avec la plus grande facilité pour produire des Hybrides fertiles lorsqu'ils s'accouplent ensemble ou avec les formes parentes, la possibilité de trouver, parmi les bandes migratrices de Canards, des sujets hybrides ou bariolés ou complètement blancs, est pour ainsi dire justifiée *a priori* par les observations relatées dans cette Note.

BIOLOGIE. — *La loi du minimum en Biologie.* Note de M. **Jules Amar**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Dans nos expériences de 1911-1913 sur la dépense d'énergie de l'organisme animal, nous avons montré que la vie utilise un *minimum hydrocarboné*, comme elle réclame, pour l'équilibre matériel, un *minimum azoté*.

Chez l'homme, le taux inférieur en hydrates de carbone a été fixé par nous aux environs de 900 *calories;* il augmente en proportion du travail musculaire. C'est qu'en effet l'analyse de la dépense, alimentée de sucres, de graisses ou d'albumines, prouve que *le travail, ou énergie libre*, transforme de préférence sucres et hydrates de carbone. Il y a là, disions-nous, l'application d'un principe d'épargne ([1]). Je l'appellerai plus généralement : *Loi du minimum.* Et dans cette Note on veut en préciser toute la portée.

I. Tout d'abord il est connu que les phénomènes mécaniques obéissent à cette loi du minimum, tantôt dénommée « Principe de la moindre action » par Maupertuis, tantôt « Théorème de la moindre contrainte », par Gauss.

II. *Les phénomènes biologiques* se conforment, non moins nécessairement, à la loi du minimum.

Déjà Galilée avait noté que les branches et branchioles des arbres, les rémiges des

---

([1]) Jules Amar, *Le moteur humain*, p. 212, 304, 322 (édition de 1914, chez Dunod). Notre doctrine du « minimum hydrocarboné » a été confirmée, 9 ans plus tard, par divers savants (*Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 1393).

oiseaux, vont en s'effilant de la base à l'extrémité, réalisant leur résistance avec le minimum de matière.

Dans le squelette, la forme et l'état creux des os se combinent dans ce même sens d'allègement, sans diminuer leur résistance à la déformation. Dans le système musculaire, les dispositions des fibres sont telles que ces dernières occupent le moins de place possible pour la force à produire. Et les muscles eux-mêmes ne sauraient se loger dans moins d'espace, vu les actes à accomplir. Le travail, résistant ou moteur, est naturellement effectué sans gaspillage.

Les adaptations fonctionnelles n'expriment pas autre chose. On se rappelle la jolie expérience de Marey (1889) où, en raccourcissant le bras de levier calcanéen, il oblige le muscle à grossir et à devenir plus fort. Le fait inverse est présenté par les nègres, aux calcanéums allongés et aux mollets grêles. Le travail musculaire se ramène donc au strict nécessaire.

Les voies de moindre résistance ont cette même signification. Le mouvement nerveux, en se répétant, a tendance à ébranler les mêmes molécules parce qu'il s'y dépense moins de travail; d'où *l'automatisme*. La vision n'utilise pas tout le pourpre rétinien qu'une lumière trop vive menace de gaspiller : elle s'accompagne dans ce cas de la contraction pupillaire, etc.

En un mot, l'énergie vitale se dépense avec le meilleur rendement.

III. Tous ces phénomènes biologiques ne s'écartent aucunement de ceux qu'admettent et proclament les géomètres : le travail s'effectue naturellement avec le minimum de force vive perdue. Les frottements permanents de la matière organisée ne laissent pas, comme ceux des corps inorganiques, d'êtres gouvernés par ce principe d'épargne. C'est ce qui va ressortir, par exemple, de la discussion du *minimum hydrocarboné*.

Lorsque, dans l'alimentation humaine, on augmente peu à peu la proportion d'hydrates de carbone, on constate que l'organisme absorbe de moins en moins *d'oxygène*. Autrement dit, la dépense du travail cardiaque et respiratoire est de plus en plus économique.

Toutes les recherches (Bénédict, Rubner, Chauveau, Amar) sont d'accord sur ce point. J'ai en outre établi (*loc. cit.*) que, ayant le choix entre les trois sortes d'aliments pour produire du travail mécanique, de l'énergie libre, les muscles emploient les hydrocarbonés. Car, pour développer 100 *unités mécaniques* (exprimées en calories), il faut oxyder et brûler des réserves cellulaires. Or, suivant que ces dernières consistent en albumines, hydrates de carbone ou graisses, la consommation d'oxygène sera respectivement : 22^l, $19^l,83$ et $21^l,22$ (à 760^{mm} et $0°$), soit les proportions de 111, 100 et 107. L'expérience conduit à des chiffres un peu différents, mais également dans ce sens.

La moindre action respiratoire est donc obtenue par l'utilisation de réserves hydrocarbonées; la plus petite perte de force vive en est la conséquence.

Mais il y a autre chose dans ce résultat, et c'est le *mécanisme* même des opérations intimes de la cellule. Toutes les fois qu'elle produit du travail mécanique, ses combustions portent sur les hydrates de carbone. Toutes les fois que ce travail est nul, et que les opérations sont purement calorifiques (régulation de la température du corps), elle obéit au Principe de la *chaleur maximum*, de Berthelot, lequel régit les réactions chimiques sans travail extérieur. Alors elle brûle des *graisses*, celles-ci étant les plus exothermiques sous le *minimum de masse*.

Ainsi, les réserves alimentaires de la cellule étant quelconques, elle se détermine naturellement pour les opérations les moins onéreuses. Le gaspillage ne se manifeste que si l'alimentation est déficitaire ou irrationnelle.

La prédominance des hydrates de carbone assure le meilleur rendement en travail. L'excès d'aliments se traduit, nécessairement, par un dépôt de graisses, pour la raison d'économie que l'on vient de signaler.

IV. On rapprochera des précédentes conclusions l'observation de Berthelot (1) sur *l'électrolyse des sels*.

Dans un mélange de sels en solution, le sel qui subit le premier et le plus l'électrolyse est celui qui ne réclame qu'un minimum d'énergie. Cette dépense électrique augmentant, les autres sels se décomposent à leur tour. Cette expérience inclinerait à voir dans la contraction musculaire un phénomène électrique, et à assimiler l'impulsion nerveuse motrice au choc électrique.

En somme, les phénomènes de la Biologie sont gouvernés par la loi du minimum. Rien de trop ; ni excès, ni gaspillage dans la matière ou l'énergie. S'adapter aux forces cosmiques avec le moins de sacrifices. Ménager les réserves dans la dépense qu'entraîne la lutte pour la vie. Qu'est-ce que tout cela, en définitive, sinon quelques aspects d'une loi qui paraît universelle concernant la production de travail mécanique? Il s'agit probablement, même dans la contraction musculaire où les forces électrocapillaires sont en jeu, de la loi de *Gravitation*.

A 15h20m, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 heures.

A. Lx.

---

(1) M. Berthelot, *Ann. de Chim. et de Phys.*, t. 27, 1882, p. 89.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 19 FÉVRIER 1923.

PRÉSIDENCE DE M. ALBIN HALLER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE. — *Sur le celtium, élément de numéro atomique* 72. Note de M. G. URBAIN.

MM. Coster et Hevesy ont annoncé dans le numéro du 20 janvier 1923 du journal anglais *Nature* qu'ils avaient observé le spectre de haute fréquence de l'élément de numéro atomique 72 qu'ils appellent Hafnium et dont ils revendiquent la découverte.

Ils n'ignoraient pas cependant les Notes que nous avons respectivement publiées, M. Dauvillier et moi, sur le même sujet (¹). Dans la première, M. Dauvillier annonçait qu'il avait observé les raies X de l'élément 72 dans mes fractions celtifères. Dans la seconde, j'expliquais que ces recherches avaient été entreprises pour caractériser par son spectre de toute fréquence, c'est-à-dire par son numéro atomique, l'élément que j'avais annoncé en 1911.

Pour ne tenir aucun compte de cette antériorité, il faudrait qu'il soit prouvé que les raies X observées dans mes produits n'appartiennent pas à l'élément 72. Mais MM. Coster et Hevesy ne sauraient faire cette démonstration. Leur argumentation se base sur les considérations suivantes :

1° Le spectre d'arc que j'ai décrit est trop intense pour correspondre aux raies X faibles observées par M. Dauvillier.

2° L'élément 72, qu'ils considèrent comme tétravalent, ne saurait accompagner des terres rares trivalentes.

(¹) DAUVILLIER, *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1347. — G. URBAIN, *Ibid.*, p. 1349.

Le spectre d'arc incriminé se compose de raies qui, si elles n'appartiennent pas à l'élément 72, ne pourraient être que des raies d'étincelle du lutécium, car il ne resterait plus que cette façon d'interpréter leur comportement très particulier. Dans des spectres très compliqués dus à la présence simultanée de plusieurs corps riches en raies, de telles erreurs sont assurément possibles. Mais cette question est d'ordre secondaire, alors que le spectre de rayons X est à la fois suffisant et nécessaire pour définir l'élément nouveau. C'est sur lui seul que MM. Coster et Hevesy ont cru devoir limiter leurs observations, ce qui montre bien qu'eux-mêmes le considèrent comme nécessaire et suffisant. Ils n'ont d'ailleurs fait qu'observer le même spectre qui a été décrit ici-même il y a huit mois.

Le doute qu'ils expriment relativement à l'observation du spectre de haute fréquence du 72 dans mes fractions celtifères domine donc le débat. Or il ne suffit pas d'affirmer que l'élément 72 ne puisse se trouver avec des terres rares pour qu'il ne s'y trouve pas, car aucune manière de voir ne peut prévaloir contre un fait.

Toutes les expériences de contrôle ont été faites pour s'assurer que les raies X observées appartiennent en propre à l'élément 72. M. Dauvillier, qui a vérifié que les raies de cet élément sont visibles dans la zircone, ainsi que MM. Coster et Hevesy l'ont annoncé, a observé une coïncidence exacte entre les raies du 72 dans mes fractions celtifères et les raies du même 72 dans la zircone.

La démonstration a été faite que deux des raies X attribuables au 72 dans mes terres à celtium ne pouvaient appartenir à aucune des terres rares dont les raies peuvent coïncider avec celles du 72. Un nouvel échantillon de la même matière, obtenue en poursuivant les fractionnements primitifs, a donné les mêmes résultats. Enfin, depuis la publication de MM. Coster et Hevesy, M. Dauvillier a recherché vainement dans mes produits la présence de la zircone dont certaines raies se superposent avec celles du 72. De même l'arc n'a révélé aucune des raies caractéristiques du zirconium.

Il en résulte que MM. Coster et Hevesy n'ont certainement pas découvert l'élément 72, mais seulement une matière première abondante et riche de cet élément, lequel est désigné par M. Dauvillier et par moi du nom de celtium [1], conformément au droit que nous assure une indéniable priorité.

(1) MM. de Broglie et J. Cabrera, qui ont observé le spectre K d'absorption du 72 (celtium) (*Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 433), sont très affirmatifs relativement à la présence de l'élément 72 dans mes produits celtifères. Les clichés du spectre de haute fréquence se trouvent en effet dans le laboratoire de M. de Broglie où les mesures ont été faites.

ÉLECTRICITÉ. — *Éclateurs à soufflage de l'étincelle dans un diélectrique gazeux.* Note de M. **J.-L. Breton.**

Le fonctionnement des éclateurs, destinés à produire une décharge oscillante utilisée pour la production des courants de grande fréquence, se trouve amélioré en soufflant l'étincelle par un violent courant d'air, ou en faisant jaillir cette étincelle dans un diélectrique gazeux approprié : hydrogène, gaz d'éclairage, vapeur d'alcool, d'éther, d'essence, etc.

Un très grand nombre de types d'éclateurs ont été réalisés depuis longtemps, notamment par d'Arsonval qui a indiqué et expérimenté de nombreux et ingénieux dispositifs, basés sur l'un ou sur l'autre de ces principes.

L'étude des fours d'induction de grande fréquence, poursuivie depuis plusieurs années à la Direction des Recherches et Inventions, nous a amené à réaliser un type d'éclateur réunissant ces deux conditions et assurant le soufflage énergique de l'étincelle au sein même du diélectrique gazeux utilisé.

Dans notre premier type d'éclateur, l'étincelle jaillit dans un violent courant de ce diélectrique gazeux circulant dans un circuit entièrement clos sous l'impulsion d'un compresseur spécial, de telle sorte qu'une petite quantité du gaz utilisé suffit pour entretenir le fonctionnement continu de l'appareil.

Les bons résultats donnés par cet éclateur n'étaient toutefois obtenus que grâce à une complication excessive de l'appareil, et l'amélioration de rendement du four d'induction ne pouvait compenser la dépense d'énergie nécessaire pour alimenter le moteur du compresseur.

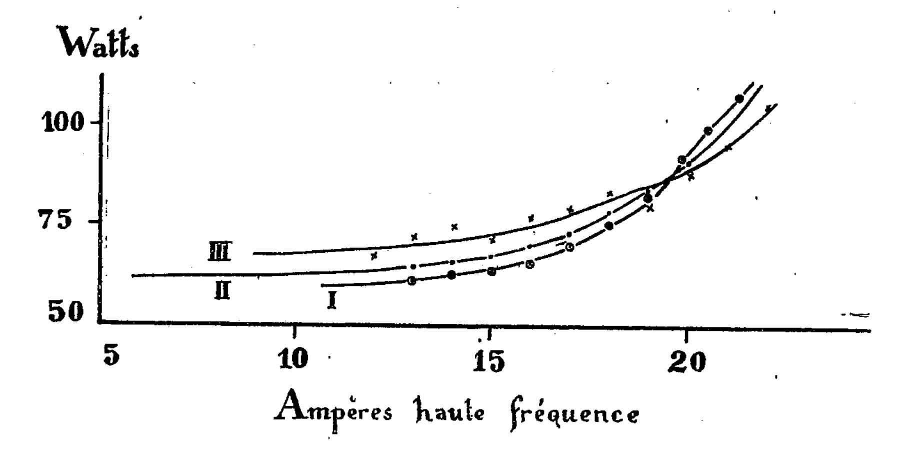
C'est ainsi que je fus amené à étudier un dispositif beaucoup plus simple ne nécessitant plus qu'un petit moteur à grande vitesse d'un dixième de cheval, et conservant les avantages du précédent.

Cet appareil est constitué par un disque conducteur de métal ou de graphite tournant à une vitesse de 3000 à 4000 tours dans un récipient cylindrique hermétiquement clos et rempli de gaz d'éclairage ou de vapeur d'alcool. Les étincelles jaillissent entre la surface de ce disque et deux électrodes de graphite supportées par des tiges à vis qui pénètrent dans le récipient en traversant des entrées accordéons en porcelaine. Des regards, munis de glaces ou de feuille de mica, permettent de suivre le fonctionnement de l'appareil et de régler les longueurs d'éclatement. Un refroidis-

sement par circulation d'eau ou par ailette permet un fonctionnement ininterrompu de très longue durée.

Ce nouveau type d'éclateur essayé par M. Dufour pour l'alimentation de son four d'induction à grande fréquence donna les meilleurs résultats. L'amélioration de rendement qu'il procure est très facilement mise en évidence en arrêtant le moteur au cours d'une expérience : au fur et à mesure que diminue la vitesse de rotation du disque, on voit tomber l'intensité du courant de grande fréquence traversant la self du four d'induction.

Les courbes reproduites ici indiquent les résultats obtenus au cours des



différents essais faits par M. Dufour sur son four d'induction à grande fréquence en employant successivement : 1° un éclateur à mercure et vapeur d'alcool analogue à ceux utilisés dans les fours d'induction à grande fréquence américains; 2° l'éclateur tournant dans le gaz d'éclairage que nous venons de décrire; 3° l'éclateur à étincelle soufflée par un courant de gaz d'éclairage que nous avions d'abord réalisé.

Pour caractériser la valeur relative de ces différents types d'éclateurs on les a placés successivement dans un même circuit oscillant comportant un amortissement propre bien déterminé, et l'on a cherché la puissance nécessaire pour produire un ampère de haute fréquence, pour différentes valeurs du courant de haute fréquence. Cette puissance (mesurée au primaire du transformateur) croît au fur et à mesure que l'intensité haute fréquence s'élève.

C'est ainsi que pour un régime de 15 ampères haute fréquence il faut pour produire 1 ampère : 64 watts avec l'éclateur à mercure, 67 watts avec l'éclateur tournant dans le gaz d'éclairage et 72 watts avec l'éclateur à

étincelle soufflée par un courant de gaz d'éclairage ; tandis que pour un régime de 21 ampères haute fréquence il faut, pour produire le même ampère : 105 watts avec l'éclateur tournant à mercure, 100 watts avec l'éclateur tournant et 95 avec l'éclateur soufflé. Ce nombre de watts, que l'on peut appeler le prix de l'ampère haute fréquence, caractérise complètement la valeur relative de différents éclateurs à condition d'avoir été déterminé sur le même circuit oscillant.

On remarquera sur les courbes reproduites ci-contre que si, aux petits régimes, l'éclateur à mercure se montre supérieur, il est, à partir du régime de $19^{amp},5$ haute fréquence, nettement dépassé par les éclateurs tournant et soufflé dans le gaz d'éclairage.

C'est pourquoi notre éclateur tournant décrit plus haut fut finalement retenu pour la réalisation des fours d'induction à grande fréquence, et mis au point par M. Dufour.

CHRONOMÉTRIE. — *L'isochronisme et le frottement quadratique.* Note de M. **Jules Andrade.**

I. Lorsque l'on veut monter des horloges élastiques ou chronomètres fixes avec un nombre de ressorts réglants hélicoïdaux inférieur à 8, nombre optimum conseillé par les prévisions théoriques, on rencontre pour *un assemblage particulier de quatre ressorts* un frottement latéral, dû à un couple d'appui longitudinal dont le plan est fixe par rapport au balancier oscillant ; au frottement né de cet appui élastique latéral s'ajoute d'ailleurs un frottement constant sur la tête du pivot de l'axe du balancier ; le couple d'appui élastique est quadratique par rapport à l'angle d'écart u du système oscillant comparé au point mort du système des quatre ressorts réglants, et nous avons ainsi à étudier le mouvement vibratoire

$$(1) \qquad \frac{d^2u}{dt^2} = -K^2u - K^2qu^2\varepsilon - K^2f\varepsilon; \qquad \varepsilon = \operatorname{sgn}\frac{du}{dt}.$$

Dans cette équation, q et f sont deux petites quantités, et si le frottement latéral est supposé *aussi de glissement* le rapport $\frac{f}{q}$ est lui-même très petit, $\frac{1}{2}\cdot 10^{-10}$; cette dernière circonstance n'a d'ailleurs rien d'essentiel dans l'analyse d'approximations qui va suivre.

II. J'envisage l'équation différentielle

$$\frac{d^2 v}{dt^2} = - K_0^2 v - \varepsilon K_0^2 q v^2 \tag{2}$$

et *j'essaye d'établir entre u et v la correspondance*

$$v = au + b\varepsilon; \tag{3}$$

nous obtenons ainsi les déterminations suivantes de $\frac{K^2}{K_0^2}$, a et b en fonction de q et de f, à savoir :

$$\begin{cases} a = \dfrac{K^2}{K_0^2} = \dfrac{1 \pm \sqrt{4qf}}{1 - 4qf}, \\ b = \pm \sqrt{\dfrac{f}{q}} \dfrac{1}{1 - 4qf}, \end{cases} \tag{4}$$

formules où les signes supérieurs devant les radicaux sont pris ou rejetés ensemble.

III. Rien n'oblige à choisir entre ces deux solutions; chacune d'elles jouira en effet des propriétés suivantes précieuses pour le problème concret ici posé.

Remarquons d'abord que la vibration (2), *supposée entretenue par un choc instantané* donné au point mort $v = 0$, sera isochrone à une approximation relative, de l'ordre de q^2, comme le montre la méthode classique d'approximations successives.

En vertu de la correspondance (3) et, à cela près, que la valeur $v = 0$ correspond à la valeur $u = -\frac{b}{a}\varepsilon$, et, à cela près aussi que c'est le mobile du mouvement (1) qui reçoit le choc de l'échappement, nous concluons que *le mouvement entretenu* (1) *sera isochrone à une approximation relative de l'ordre de* $\frac{1}{q^2}$, si le choc réparateur *est centré*, non pas sur le point mort $u = 0$, mais sur ce point décalé de la quantité $-\frac{b}{a}\varepsilon$; ce décalage est en arrière du passage au point mort si $a > 1$, car b est > 0; ce décalage, au contraire, est en avance sur le passage au point mort si $a < 1$, car b est négatif.

IV. On remarquera que ce décalage sera augmenté en valeur absolue, si le rapport $\frac{f}{q}$ croît; c'est ce qui arrivera si le frottement latéral devient un frottement de roulement.

Dans une prochaine Note, je préciserai l'assemblage des quatre ressorts hélicoïdaux qui réalise ce frottement quadratique.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur les corps cholestériques.* Note de M. **Georges Friedel.**

L'addition de quantités, même très petites, d'un corps cholestérique [1] à un corps à phase nématique (azoxyanisol, azoxyphénétol) dépourvu de pouvoir rotatoire, transforme la phase nématique en lui imprimant toutes les propriétés caractéristiques du type cholestérique, notamment la structure à surfaces équidistantes et le très grand pouvoir rotatoire. Si l'on admet, comme tout l'indique, que le pouvoir rotatoire de la phase cholestérique est dû à une très forte torsion autour de la normale à l'axe optique positif de l'élément, torsion qui engendre à la fois ce pouvoir rotatoire et le signe négatif, la théorie fait prévoir que le pouvoir rotatoire, mesuré dans la région normale du spectre, c'est-à-dire loin de la longueur d'onde d'inversion du côté des petites longueurs d'onde, *doit être d'autant plus fort que la torsion est plus faible.* Ce pouvoir rotatoire, de sens contraire à la torsion dans la zone normale du spectre, n'existe sous la forme classique que lorsque la torsion est assez grande (angle du cône de roulement sur l'équateur de la sphère de Poincaré, voisin de 180°).

L'observation, confirmant entièrement cette singulière conclusion, montre qu'*à mesure que la teneur en corps cholestérique décroît, le pouvoir rotatoire augmente rapidement.* Le Tableau suivant donne, en tours par millimètre, pour diverses longueurs d'onde et aux températures de 100° et de 125°, le pouvoir rotatoire gauche de trois mélanges d'azoxyanisol (A) et d'acétate de cholestérine (C) dans les proportions en poids : Colonne 1, 10 A : 1 C; colonne 2, 20 A : 1 C; colonne 3, 40 A : 1 C. Pour ces mélanges, la longueur d'onde d'inversion est loin dans l'infrarouge et le spectre visible est tout entier dans la zone normale où le pouvoir rotatoire croît régulièrement du rouge au violet.

	100°.			125°.		
λ.	1.	2.	3.	1.	2.	3.
635 μμ	37,5	65	125	17,5	38	83
585	50	87	165	22	53	100
535	69	126	222	28	67	143
505	90	157	265	36	90	172

(1) G. Friedel, *Les états mésomorphes de la matière* (*Annales de Physique*, nov.-déc. 1922).

Ce fait, au premier abord si paradoxal, met hors de doute que l'énorme pouvoir rotatoire que montrent les corps cholestériques quand ils ont la structure à plans de Grandjean n'a pas de rapport direct avec le pouvoir rotatoire moléculaire, est dû entièrement à la structure, et provient de torsions extrêmement fortes (de l'ordre de plusieurs centaines de tours par millimètre au moins) que comporte cette structure. Le sel de cholestérine, qui introduit la dissymétrie holoaxe sans laquelle il n'y aurait pas de pouvoir rotatoire, n'est pas directement la cause de ce pouvoir rotatoire. Ce qu'il détermine, c'est une torsion qui croît régulièrement avec la teneur, mais dont l'effet optique, le pouvoir rotatoire, varie en sens inverse, ainsi que la théorie le fait prévoir.

L'étude de ces mélanges de corps nématiques et cholestériques, comme aussi celle des mélanges de corps cholestériques dextres et sénestres, a mis en évidence l'identité essentielle des corps cholestériques et des corps nématiques. Il était, dès lors, bien probable que le corps cholestérique est simplement la forme spéciale que prend le corps nématique lorsqu'il a la dissymétrie holoaxe. Pour s'en assurer sans ambiguïté, il fallait introduire cette dissymétrie autrement que par l'addition d'un corps cholestérique. C'est ce qui a été fait en examinant les propriétés des mélanges des corps nématiques avec la colophane, corps qui, à lui seul, ne fournit pas de phase mésomorphe mais possède le pouvoir rotatoire.

L'addition de petites quantités de colophane à l'azoxyphénétol ou à l'azoxyanisol donne naissance à des structures à noyaux dans lesquelles se manifeste une torsion autour d'une normale à l'axe optique. Cette torsion est du même genre que celles, de sens et de pas variables, que Mauguin a décrites dans les corps nématiques purs. Mais elle est ici spontanée, de pas et de sens constants dans un même mélange et à une même température. Elle diffère aussi de la torsion des plages de Mauguin en ce qu'elle n'est pas limitée à 90°, mais quelconque.

D'autre part, ces mélanges, ainsi que l'avait déjà signalé Lehmann, montrent aussi des structures à surfaces équidistantes (Schraffierung) qui paraissent bien se confondre avec celles des corps cholestériques. Mais l'azoxyanisol et surtout l'azoxyphénétol ne supportent, sans disparition de la phase mésomorphe, que de très petites additions de colophane. C'est pourquoi on ne peut observer avec ces corps que des stades de passage du type nématique au type cholestérique dans lesquels les torsions sont encore relativement faibles (atteignant toutefois quelque 90 tours par millimètre) et les surfaces équidistantes très espacées (quelque 4^{μ} à 6^{μ}).

En revanche, la méthylbenzylidènebenzidine (M) permet l'addition de proportions beaucoup plus importantes de colophane. Il est utile d'y ajouter de l'azoxyphénétol (P) pour abaisser les températures de stabilité et éviter l'altération qui ne permettrait pas une observation prolongée. Les mélanges de 1 partie de M et 1 à 2 parties de P (mélanges du type nématique ordinaire) avec des proportions de colophane voisines de $\frac{1}{10}$ du total *ont toutes les propriétés d'un corps cholestérique*. Dans une fente de clivage de mica, ils montrent les plans de Grandjean, très espacés mais d'une netteté parfaite. Entre verres, au refroidissement à partir du liquide isotrope, ils ont une structure à surfaces parallèles équidistantes extrêmement intéressante, dans laquelle ces surfaces tendent vers la forme de cyclides de Dupin (et, dans l'espèce, vers la structure dite « polygonale » des corps smectiques) sans présenter encore ces formes avec la stricte régularité géométrique qu'on observe dans les corps smectiques, ou dans les corps cholestériques à surfaces serrées. On saisit ici un premier degré, encore imparfait, de la structure à coniques. Quand, par diminution de la proportion de colophane, on obtient un espacement plus grand des surfaces, celles-ci cessent d'être exactement équidistantes, perdent toute forme géométrique et finissent par se réduire à ces surfaces tout à fait irrégulières que G. Friedel et Grandjean avaient signalées autrefois dans l'azoxyphénétol additionné d'une trace de colophane. Lorsqu'au contraire les surfaces se rapprochent et tendent vers un espacement de l'ordre de ceux des corps cholestériques habituels (moins de 0,5), et *a fortiori* quand il s'agit des surfaces à distances moléculaires des corps smectiques, leur forme devient de plus en plus strictement celle de cyclides de Dupin.

Il n'y a là, on le voit, qu'une manière d'être de la structure à coniques qui est l'une des deux formes qu'offrent tous les corps cholestériques, sans exception connue. L'autre forme, la structure à plans, qui s'établit spontanément sur la surface rigoureusement propre du clivage de mica, se voit aussi entre verres, et d'une manière particulièrement frappante, grâce à ce fait que le mélange, s'il est assez riche en M, dépose, au refroidissement, de grandes lames cristallines de ce corps. Au contact de ces cristaux, la phase mésomorphe s'oriente sur leur surface parfaitement propre, comme sur le mica, et donne une magnifique structure à plans de Grandjean avec, entre les bords des plans, les ornementations caractéristiques en forme de virgules (gauches), animées du mouvement de translation habituel, ici très actif.

En résumé, l'addition à un corps nématique A d'une substance quelconque B possédant le pouvoir rotatoire moléculaire, donne naissance à un

corps cholestérique où l'on constate les deux structures typiques de cette forme de matière. Si la teneur en corps asymétrique dépasse une certaine limite, généralement très minime, la structure à plans montre un pouvoir rotatoire proprement dit, et très fort, comme les corps cholestériques ordinaires. Ce pouvoir rotatoire, loin d'être proportionnel à la teneur en B, croît régulièrement (dans la partie normale du spectre) lorsque cette teneur diminue. Quand la proportion de B tend vers zéro, on passe graduellement des caractères cholestériques aux caractères nématiques, par l'espacement croissant des surfaces équidistantes, qui perdent à la fois la régularité de leur espacement et leur forme de cyclides de Dupin. En même temps, la torsion diminuant, le pouvoir rotatoire proprement dit du type cholestérique, dû à des torsions excessivement fortes autour d'une normale à l'axe optique élémentaire, passe aux propriétés connues des plages tordues de Mauguin. Si l'on observe entre verres plan et convexe, entre nicols, en lumière monochromatique, les anneaux réguliers du pouvoir rotatoire disparaissent, remplacés par des anneaux d'un type différent où se combinent, avec une double périodicité, les effets de la biréfringence et de la torsion; en lumière blanche, on voit apparaître les anneaux achromatiques de torsion, indiquant une torsion optique de même sens et de même pas que la torsion de structure, donc inverse du pouvoir rotatoire observé dans la partie normale du spectre. Entre les deux extrêmes, plages à pouvoir rotatoire proprement dit et plages tordues de Mauguin, il y a tous les passages.

BOTANIQUE. — *Sur l'état quiescent prolongé d'une Algue phéosporée éphémère.* Note de M. C. SAUVAGEAU.

Diverses Phéosporées apparaissent à un moment déterminé de l'année, se développent rapidement et, après quelques semaines, disparaissent jusqu'à l'année suivante, sans que l'on sache sous quelle forme elles se conservent. L'intérêt que présenterait l'étude de leur évolution totale est encore augmenté chez celles dont on connaît une seule sorte d'organes reproducteurs. J'ai déjà montré que les Laminaires et les *Dictyosiphon* sont des sporophytes, et que les gamétophytes de ces plantes, jusque-là ignorés, sont de dimensions microscopiques [1].

---

(1) C. SAUVAGEAU, *Recherches sur les Laminaires des côtes de France* (*Mém. de l'Acad. des Sc.*, t. 56, 1918, p. 6); *Sur un nouveau type d'alternance des générations chez les Algues brunes* (Dictyosiphon fœniculaceus) (*Comptes rendus*, t. 164, 1917).

Les Chordariacées cylindriques et plus ou moins gélatineuses, dont l'aspect extérieur n'est pas sans ressemblance avec les *Dictyosiphon*, ont aussi une existence éphémère. Leur détermination précise est parfois presque impossible, car plusieurs genres sont mal établis, et certains noms spécifiques s'appliquent à des plantes différentes (¹). La plante fistuleuse et ramifiée dont il s'agit ici, haute de 15^{cm} à 30^{cm} et large de 1^{mm} à 2^{mm}, n'offrant, comme organes reproducteurs, que des sporanges uniloculaires, appartient donc au genre *Mesogloia*, tel que Thuret le définit; elle est voisine du *Mes. Griffithsiana* Grev., et je la désigne provisoirement comme *Mesogloia* n° 1.

Au début d'août 1918 et 1920, j'ai rencontré, à Roscoff, des individus adultes de ce *Mesogloia* fixés sur des pierres au niveau du *Zostera marina ;* on n'en trouvait plus en septembre, et peut-être vit-il moins de deux mois. Des cultures entreprises le 10 août 1918, dans l'espoir de découvrir une alternance de générations, sont encore vivantes, sous un état très réduit, et cette extraordinaire résistance à la mort laisse concevoir comment, en dehors de toute reproduction sexuée, la plante peut tout à coup réapparaître, dans la nature, si sa végétation est de nouveau favorisée.

J'ai établi plusieurs cultures sur lames de verres (²) et j'ai, en outre, déposé un fragment de *Mesogloia* dans une cuvette à photographie 18 × 24. Les zoospores piriformes, munies d'un chromatophore allongé, donnent des embryospores arrondies d'environ 5^{μ} qui germent promptement et fournissent un filament rampant. Une semaine après, celui-ci, long de 100^{μ} à 200^{μ} et large de 5^{μ} à 6^{μ}, émet çà et là des branches perpendiculaires; chaque cellule renferme 1 ou 2 chromatophores; la plupart des plantes possèdent 1 ou 2 longs poils à croissance basale, larges de 3^{μ}. La croissance s'est maintenue vigoureuse; au début d'octobre, certaines plantules ont une dizaine de branches dressées, dont les plus longues atteignent 300^{μ}; ces branches, et l'extrémité antérieure du filament rampant, entourées d'une gaine pectique, s'élargissent graduellement de la base (6^{μ}) au sommet (15^{μ}-20^{μ}), et rappellent les filaments assimilateurs de la plante originelle. Les plantules étaient donc en très bonne voie, mais je dus quitter le Laboratoire de Roscoff et, à tout hasard, j'emportai à Bordeaux les deux lames qui me restaient et des plantules provenant du raclage du fond de la cuvette à photographie; je recommandai au personnel du Laboratoire de laisser la cuvette en place.

(¹) C. Sauvageau, *Note préliminaire sur les Algues marines du golfe de Gascogne*, 1897, p. 46.

(²) *Recherches sur les Laminaires*, p. 17.

Ces plantules ont bien supporté le voyage, et de nouvelles branches naquirent sur le filament rampant. Cependant, à partir de la fin de novembre, si chaque cellule est capable de se diviser et de proliférer, nombre de cellules de situation quelconque meurent. En mars 1919, les plantules ne laissent plus distinguer leur forme primitive; elles constituent de petits amas bruns irréguliers qui doivent être légèrement écrasés pour l'examen au microscope; les cellules isolées ou en file moniliforme, arrondies, ovales ou en forme de figue, se multiplient par division ou par un bourgeonnement qui précède la division. Le 28 mars, j'ai mis les deux lames de culture dans une cuve plus grande, renfermant 3 litres d'eau, sans pour cela réussir à activer la végétation. D'ailleurs, très peu d'eau suffit pour conserver le *Mesogloia* vivant. Ainsi, j'avais laissé, dans un tube renfermant environ 10^{cm^3} d'eau, les plantules prises, en octobre 1918, dans la cuvette à photographie de Roscoff; les petits amas tombés au fond grossirent et vivaient encore au printemps de 1922; des plantules s'étaient même développées sur la paroi, dans le haut du tube, semées sans doute par des fragments soulevés par des bulles gazeuses.

Je ne m'occupais de ces cultures que pour constater leur vitalité en prélevant de loin en loin une parcelle. Cependant, j'ai tenté de raviver l'une des lames, le 18 mai 1920, en la transportant à Guéthary; les plantules se détachèrent pendant le voyage; je les déposai dans un bocal renfermant 300^{cm^3} d'eau fraîche; le *Mesogloia* sembla reprendre tout d'abord une vie plus active, puis s'y comporta comme à Bordeaux; le 29 décembre 1921, le petit laboratoire de Guéthary devant subir des réparations, j'ai porté le bocal à l'hôtel où il reçut la lumière par la lucarne d'un grenier; le 15 août 1922, je le transportai de nouveau dans ce petit laboratoire; la plante a supporté tous ces changements; je l'ai examinée en janvier 1923, elle vivait encore, mais les cellules ne se divisaient guère et elle ne tardera pas à périr.

Je suis retourné à Roscoff le 12 juillet 1920, le *Mesogloia* garnissait les parois de la cuvette laissée en 1918 d'un enduit brun grisâtre formé par des cellules isolées ou réunies en chapelet, sphériques ou en forme de figue; certaines cellules isolées avaient bourgeonné en deux ou trois cellules. Un peu de cet enduit, déposé le 24 juillet dans une cuve d'eau fraîche, y tomba en petits amas dont la teinte s'accentua les jours suivants. Examinée le 12 août, la plante semblait revenir à la vie active; les chromatophores s'étaient élargis; sur nombre de portions moniliformes, chaque cellule se cloisonnait transversalement; des cellules isolées, ou en chapelet, produisaient un long poil ou un filament rampant étroit. Pendant ce temps, la

plante conservait l'état quiescent dans la cuvette du 10 août 1918. Mais, je dus quitter Roscoff, peu de jours après; le 20 octobre suivant, j'ai reçu à Bordeaux une partie de cette culture du 24 juillet que je versai dans 200^{cm^3} d'eau; la plante n'avait pas continué l'accroissement qu'elle promettait, avait perdu ses poils, et tendait à reprendre l'état moniliforme de vie ralentie; je la possède encore vivante; ses cellules varient de 15^{μ} à 45^{μ} de diamètre; toutefois, je n'espère plus la conserver longtemps.

La plante est donc en captivité depuis plus de 54 mois, et cela dans des conditions très défectueuses, à Bordeaux surtout, où toutes mes cultures sont dans une petite salle si chaude en été que je croyais les trouver mortes dès 1919 à mon retour de vacances. En juin 1921, après avoir fait percer une large ouverture au-dessus des portes, pour y établir un courant d'air permanent pendant la saison chaude, j'ai placé un thermomètre enregistreur entre les vases de culture; le 12 juillet 1921 et les 29 et 30 mai 1922, la température s'éleva à 27°, maximum qui fut certainement dépassé en 1919 et 1920; les 8 et 9 février et 12 décembre 1922, elle descendit à 2°.

L'état moniliforme et dissocié de ce *Mesogloia* dans l'eau de mer confinée rappelle celui de certains Mucors devenus anaérobies; remarquons toutefois que les plantules qui flottaient à la surface de l'eau dans la cuvette de Roscoff prirent cet état souffreteux dès la fin de septembre 1918, bien avant les plantules submergées. Quoi qu'il en soit, si le *Mesogloia* rencontrait de semblables conditions dans la nature, il pourrait y résister, puis croître rapidement, comme l'indique la transplantation du 24 juillet 1920.

En 1921, j'ai cherché si d'autres Chordariacées présentent une semblable résistance. J'ai récolté les 7 mai et 7 juin, à Guéthary, le *Castagnea* (*Eudesme*) *virescens* Thur. garni de sporanges uniloculaires, mais qui n'avait pas encore produit d'organes pluriloculaires et, les 7 juin et 3 juillet, un *Mesogloia* n° 2, plus gris, plus court, plus grêle et plus ramifié que le *Mesogloia* n° 1. Ces deux espèces et aussi le *Mes. Griffithsiana*, récolté à Cherbourg le 8 septembre par M. Corbière et Mlle Doublet, m'ont fourni des plantules en tout comparables à celles du *Mesogloia* de Roscoff, et certaines de mes cultures sont encore vivantes à Bordeaux. Les plantules issues des zoospores du *Mes. vermiculata* et *Chordaria flagelliformis* consistent d'abord, comme les précédentes, en un filament rampant; toutefois je ne les ai pas conservées assez longtemps pour les voir prendre l'état moniliforme quiescent.

A l'inverse du *Cast. virescens*, le *Cast. Zosteræ* Thur. semble produire ses sporanges pluriloculaires avant les uniloculaires. En effet, les exemplaires

récoltés le 9 août 1921 par M. Corbière et Mlle Doublet présentaient seulement les premiers; sur les exemplaires récoltés le 22 août, la plupart des sporanges pluriloculaires étaient vieux, et la plupart des sporanges uniloculaires étaient jeunes. Un *Castagnea* sp. de la Méditerranée, reçu de M. Raphaël Dubois le 31 juillet 1921, présentait de nombreux sporanges pluriloculaires et très peu d'uniloculaires. Or, chez ces deux espèces, j'ai obtenu seulement la déhiscence des sporanges pluriloculaires; leurs zoospores, munies de 4 ou 5 chromatophores, germent facilement; les embryospores, larges de 9$^{\mu}$, s'étalent en disque; les plantules discoïdes, semblables à celles du *Myrionema vulgare* [1], sont mortes après quelques semaines de culture.

M. G. **Bigourdan** fait hommage à l'Académie du *Rapport annuel sur les travaux effectués par le Bureau international de l'Heure* (B. I. H.) *en* 1922.

M. **Mesnager** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de faire hommage à l'Académie du Volume que je viens de publier sur les pierres.

J'y ai fait figurer un grand nombre de résultats d'essais, capables de fournir des données numériques utiles aux constructeurs.

On y trouvera également une étude sur les lois de la rupture d'équilibre qui fait succéder au régime élastique : 1° les déformations permanentes quand le corps est plastique; 2° la rupture quand le corps est fragile. Les expériences qui ont permis de déterminer ces lois sont éparses dans divers Mémoires, souvent peu connus; il m'a paru utile de rassembler ces résultats et de les coordonner pour en tirer des règles précises.

M. G. **Urbain** présente le premier Rapport de la *Commission Internationale des Éléments chimiques* que renferme la Table des Isotopes et celle des Éléments radioactifs. M. G. Urbain attire l'attention sur la définition de l'élément chimique adopté par la Commission Internationale. Cette définition est la seule qui soit conforme à l'état actuel de la Science.

---

(1) C. Sauvageau, *Sur quelques Myrionémacées* (*Ann. Sc. nat.*, 8e série, t. 5, 1898).

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Associé étranger, en remplacement de M. *Schwendener*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 54,

M. W. C. Brögger	obtient	42	suffrages
M. Jules Bordet	»	8	»
M. Em. Paternò	»	3	»
M. Serge Winogradsky	»	1	suffrage

M. **W. C. Brögger**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *L'utilisation de la chaleur solaire aux colonies*, par E. Doublet. (Présenté par M. G. Bigourdan.)

2° Marie Phisalix. *Alphonse Laveran, sa vie, son œuvre*. (Présenté par M. F. Mesnil.)

3° *Les méthodes d'études des alliages métalliques*, par Léon Guillet. (Présenté par M. H. Le Chatelier.)

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Les systèmes de courbes sur une surface et le parallélisme de M. Levi-Civitá*. Note de M. **A. Myller**, présentée par M. Appell.

Dans une Note précédente [1] nous nous sommes occupé d'un système de plans Σ formé en associant à chaque point M d'une courbe donnée C un

[1] *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 939.

plan P passant par lui et variant d'une façon continue avec le point. Étant donnés deux plans infiniment voisins, P et P′, nous avons considéré dans P une droite quelconque D passant par M et dans P′ une droite D′ par M′ telle que, de toutes les droites passant par M′ et situées dans P′, D′ soit celle qui fait avec D le plus petit angle possible. Nous dirons dans ce qui suit que D′ est parallèle à D au sens de M. Levi-Cività. Étant donnée une suite Σ de plans P, P′, P″, ..., nous pouvons construire, en partant d'une droite D dans P, la suite de droites D′ parallèle à D, D″ parallèle à D′, etc. Toutes ces droites seront dites parallèles au sens de M. Levi-Cività le long de la courbe C dans le système de plans Σ.

Prenons sur une surface un système u, v de coordonnées curvilignes et formons le système de plans Σ en faisant correspondre à chaque point M de la courbe $u = \text{const.}$ le plan normal à la surface qui passe par la tangente MT à la courbe $v = \text{const.}$ Cherchons dans quelles conditions les tangentes MT sont parallèles au sens de M. Levi-Cività le long de $u = \text{const.}$ dans le système Σ considéré. D'après ce qui a été montré dans la Note mentionnée, deux tangentes MT et M′T′ correspondant aux points (u, v) et $(u, v + dv)$ sont parallèles au sens de M. Levi-Cività, si M′T′ est parallèle au sens ordinaire au plan passant par MT et perpendiculaire au plan du système Σ, c'est-à-dire au plan tangent à la surface de M. Les coefficients directeurs de M′T′ étant

$$\frac{\partial x(u, v + dv)}{\partial u} = \frac{\partial x}{\partial u} + \frac{\partial^2 x}{\partial u\, \partial v} dv + \ldots,$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,$$

la condition de parallélisme au plan tangent en M est

$$\sum \begin{vmatrix} \frac{\partial y}{\partial u} & \frac{\partial z}{\partial u} \\ \frac{\partial y}{\partial v} & \frac{\partial z}{\partial v} \end{vmatrix} \left(\frac{\partial x}{\partial u} + \frac{\partial^2 x}{\partial u\, \partial v} dv + \ldots \right) = 0$$

ou

$$\begin{vmatrix} \frac{\partial^2 x}{\partial u\, \partial v} & \frac{\partial^2 y}{\partial u\, \partial v} & \frac{\partial^2 z}{\partial u\, \partial v} \\ \frac{\partial x}{\partial u} & \frac{\partial y}{\partial u} & \frac{\partial z}{\partial u} \\ \frac{\partial x}{\partial v} & \frac{\partial y}{\partial v} & \frac{\partial z}{\partial v} \end{vmatrix} = 0.$$

Par conséquent, les lignes paramétriques $u = \text{const.}$, $v = \text{const.}$ forment un système conjugué. A cause de la symétrie du résultat les lignes $v = \text{const.}$ ont une propriété analogue à celle démontrée pour $u = \text{const.}$

En vertu d'une propriété connue des systèmes conjugués, les tangentes MT, M'T' forment une surface développable. Soit Γ son arête de rebroussement. Il est évident que les plans du système Σ sont les plans rectifiants de la courbe Γ. D'après un théorème démontré dans la Note citée, si nous tournons d'un angle constant MT les tangentes dans leurs plans P, elles restent parallèles au sens de M. Levi-Cività et la surface réglée formée par elles a la ligne de striction sur l'enveloppe des plans P, c'est-à-dire sur la surface rectifiante de Γ. En spécial, les normales le long de la courbe $u = \text{const.}$ forment une surface réglée dont la ligne de striction est située sur la surface rectifiante de la courbe Γ correspondante.

Considérons aussi le cas où à chaque point de la courbe $u = \text{const.}$ nous faisons correspondre le plan normal à la surface contenant la tangente à la courbe dans ce point. Pour que les tangentes soient parallèles au sens de M. Levi-Cività, il faut que la tangente à la courbe au point $(u, v + dv)$ soit parallèle au sens ordinaire au plan tangent à la surface en (u, v). Les coefficients directeurs de la tangente étant

$$\frac{\partial x}{\partial v} + \frac{\partial^2 x}{\partial v^2} dv + \ldots,$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,$$

la condition du parallélisme est

$$\sum \begin{vmatrix} \frac{\partial y}{\partial u} & \frac{\partial z}{\partial u} \\ \frac{\partial y}{\partial v} & \frac{\partial z}{\partial v} \end{vmatrix} \left(\frac{\partial x}{\partial v} + \frac{\partial^2 x}{\partial v^2} dv + \ldots \right) = 0$$

ou

$$\begin{vmatrix} \frac{\partial^2 x}{\partial v^2} & \frac{\partial^2 y}{\partial v^2} & \frac{\partial^2 z}{\partial v^2} \\ \frac{\partial x}{\partial u} & \frac{\partial y}{\partial u} & \frac{\partial z}{\partial u} \\ \frac{\partial x}{\partial v} & \frac{\partial y}{\partial v} & \frac{\partial z}{\partial v} \end{vmatrix} = 0,$$

ce qui montre que les courbes $u = \text{const.}$ doivent être lignes asymptotiques de la surface. Par conséquent, les tangentes principales sont parallèles au sens de M. Levi-Cività dans le système des plans rectifiants de la ligne asymptotique. En tournant les tangentes d'un angle constant dans les plans rectifiants, on obtient une surface réglée ayant la ligne de striction sur la surface rectifiante, et par conséquent la ligne de striction est la ligne

asymptotique elle-même. Particulièrement, les normales le long d'une ligne asymptotique forment une surface réglée ayant cette ligne comme ligne de striction.

Le cas où les plans associés aux points d'une courbe sont tangents à la surface a été étudié par M. L. Bianchi (*Boll. Unione Mat. Italiana*, vol. 1, n° 1) et a conduit aux réseaux de Tchebychef.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une généralisation du théorème de Jacobi.* Note de M. **Juvet**, présentée par M. Hadamard.

On sait toute l'importance de l'équation aux dérivées partielles de Hamilton-Jacobi pour l'intégration des équations canoniques relatives aux intégrales simples stationnaires [1]. C'est à la généralisation du théorème de Jacobi pour le cas des intégrales multiples, étudiée en premier lieu par M. Volterra et par M. Fréchet [2], que cette Note est consacrée.

Considérons, pour fixer les idées, l'intégrale double

$$I = \iint_{(A)} f(x, y, z, p, q)\, dx\, dy$$

étendue à une aire A limitée par un contour fermé C; I est une fonctionnelle dépendant de ce contour C et des valeurs $u(s)$ de z sur ce contour, lorsque la fonction $z(x, y)$ est choisie de telle manière que $\delta I = 0$. Cette fonctionnelle satisfait à l'équation aux dérivées fonctionnelles partielles

$$(1) \qquad I'_n = H\left(z, I'_u, \frac{dz}{ds}\right),$$

H étant une fonction qu'on obtient en éliminant [3] $\frac{dz}{dn}$ entre les deux équations

$$I'_u = -\frac{\partial}{\partial\left(\frac{dz}{dn}\right)},$$

$$I'_n + \frac{dz}{dn} I'_u + f = 0.$$

(1) Cf. Hadamard, *Leçons sur le calcul des variations*, p. 163 et suiv.

(2) Volterra, *Rendic. Lincei*, t. 6, p. 127; Fréchet, *Annali di Math.*, 3e série, t. 11, p. 187.

(3) Cf. Lévy, *Leçons d'analyse fonctionnelle*, p. 439.

Posons $\varphi = -\frac{\partial f}{\partial\left(\frac{dz}{dn}\right)}$; φ est alors la variable conjuguée au sens de M. Prange ([1]) de la fonction z; les équations canoniques attachées au problème de variation considéré sont

$$dz = -\left(\frac{\partial \overline{\mathrm{H}}}{\partial \varphi}\right) dn,$$

$$d\varphi = -\frac{d}{ds}\left(\frac{\partial \overline{\mathrm{H}}}{\partial\left(\frac{dz}{ds}\right)} dn\right) + \left(k\varphi + \frac{\partial \overline{\mathrm{H}}}{\partial z}\right) dn,$$

$\overline{\mathrm{H}}$ étant la fonction H où I'_u est remplacé par φ. Ces deux équations remplacent l'équation lagrangienne du problème; les différentielles sont prises relativement à un déplacement normal de l'argument sur le contour C, k étant la courbure de C au point considéré.

M. Prange (*loc. cit.*) a déjà remarqué que ce système est identique, aux notations près, à deux des équations des caractéristiques de l'équation (1).

Nous avons pu démontrer que cette identité a lieu quel que soit l'ordre de multiplicité de l'intégrale stationnaire considérée et quel que soit le nombre des fonctions inconnues qui figurent dans f. Le théorème généralise une remarque de Jacobi qui est la clé de l'intégration des équations de la dynamique ([2]).

M. Lévy a défini ce qu'il faut entendre par intégrale complète de (1). Peut-on tirer parti de la connaissance d'une intégrale complète quelconque de (1) pour l'intégration du système (2), équivalent à l'équation lagrangienne du problème? Voici le théorème que nous avons obtenu et qui est vrai quel que soit l'ordre de multiplicité de l'intégrale et quel que soit le nombre des fonctions inconnues :

Si $\mathrm{I}|[\Gamma_0, u_0(s_0); \Gamma, u(s)]|$ *est une fonctionnelle dépendant des deux contours* Γ *et* Γ_0 *s'enveloppant sans se couper et de fonctions* $u(s)$ *et* $u_0(s_0)$ *données sur ces contours, les équations*

$$\mathrm{I}'_u = \varphi(s), \qquad \mathrm{I}'_{u_0} = -\varphi_0(s_0)$$

définissent des fonctions z *et* φ *dont les variations normales satisfont aux équa-*

([1]) *Dissertation de Göttingue*, 1915. Cette relation entre φ et z est la généralisation de la relation entre les paramètres de Lagrange et les variables de Poisson-Hamilton dans le cas des intégrales simples.

([2]) Cf. APPELL, *Traité de Mécanique*, t. 1, 3e édition, p. 557.

tions (2), *si l'on considère le contour* Γ *comme un contour variable, dont* Γ_0 *pourrait être la position initiale* (1).

La démonstration de ce théorème s'effectue en suivant pas à pas, pour ainsi dire, la marche des idées de la démonstration de Jacobi donnée dans les *Vorlesungen über Dynamik* et en utilisant les résultats de M. P. Lévy.

Ce théorème doit d'ailleurs être confronté avec les théorèmes d'existence des solutions des équations lagrangiennes attachées à $\delta I = 0$ pour que l'on soit assuré d'avoir résolu complètement le problème de variation proposé.

MÉCANIQUE. — *Déformations permanentes à la traction et à la compression.* Note de M. **Malaval**, présentée par M. Mesnager.

Depuis longtemps nombre d'auteurs (Coulomb, Tresca, Duguet, Mesnager) ont attribué les déformations permanentes des métaux à des glissements se produisant dans la masse même du métal.

Si la composante tangentielle intervient seule dans ces glissements, les courbes des résistances par unité de section restante en fonction des déformations seront les mêmes à la traction et à la compression, sous réserve de prendre, comme nous allons voir, une mesure convenable des déformations dans les deux cas.

Considérons deux barreaux arrivés au même degré de résistance unitaire, l'un par traction, l'autre par compression. Augmentons infiniment peu leur résistance; la résistance au glissement devra, dans les deux cas, prendre la même valeur; les glissements supplémentaires devront donc être les mêmes, c'est-à-dire que la nouvelle déformation unitaire infiniment petite $\frac{dL}{L}$ sera la même. Si nous considérons non plus des glissements élémentaires, mais l'ensemble des glissements successivement produits par des forces croissantes, il nous faut prendre pour mesure de la déformation

$$\int_{L_0}^{L_1} \frac{dL}{L},$$

(1) S'il y avait, dans f, n fonctions inconnues $z_1 \ldots z_n$, et que $\varphi_1 \ldots \varphi_n$ fussent leurs variables conjuguées, ce seraient les équations $I'_{u_i} = \varphi_i(s)$, $I'_{u_{i0}} = -\varphi_{i0}(s_0)$ qui remplaceraient les équations (2), l'intégrale complète ayant la forme

$$I\,|\,[\Gamma_0, u_{10}(s_0)_1 \ldots u_{n0}(s_0);\quad \Gamma, u_1(s) \ldots u_n(s)\,]\,|.$$

c'est-à-dire le logarithme du rapport de la longueur finale à la longueur initiale $\text{Log}\frac{L_1}{L_0}$.

Si nous voulons avoir des mesures positives de la déformation à la compression, nous prendrons dans ce dernier cas la valeur $\text{Log}\frac{H_0}{H_1}$ ou le logarithme du rapport de la hauteur initiale à la hauteur finale.

Il est commode, pour se rapprocher de la mesure habituelle des déformations, de prendre les rapports mêmes $\frac{L_1}{L_0}$, $\frac{H_0}{H_1}$ ou, mieux, ces valeurs diminuées d'une unité, soit $\frac{L_1 - L_0}{L_0} = \frac{\Delta L_0}{L_0}$ à la traction et $\frac{H_0 - H_1}{H_1} = \frac{\Delta H_0}{H_1}$ à la compression.

Ainsi, dans le cas de la traction, la déformation, c'est-à-dire l'accroissement de longueur, doit être rapportée à la longueur initiale; dans le cas de la compression, la variation de hauteur doit être rapportée à la hauteur finale; ces deux valeurs peuvent croître indéfiniment.

Résultats expérimentaux. — Nous avons effectué en 1912 des essais comparatifs sur des éprouvettes de traction et de compression, prélevées dans un même élément d'acier mi-dur, recuit après forgeage, puis trempé et revenu. Les diagrammes établis ont présenté la même allure avec un léger écart correspondant à une résistance légèrement supérieure à la compression (1).

L'écart entre les deux diagrammes paraissait pouvoir être attribué, au moins en partie, à l'influence du frottement sur les bases de l'éprouvette de compression. On s'est proposé de rechercher si, en éliminant l'influence du frottement, ces diagrammes ne coïncideraient pas d'une manière plus satisfaisante.

Nous avons, à cet effet, effectué en 1920 des expériences de déformations par compression hydraulique circonférentielle.

Dans ces derniers essais la composante tangentielle et la composante normale sont, pour une même pression d'application, les mêmes qu'à la compression ordinaire. Mais les frottements sur les bases sont remplacés par les frottements aux joints.

Les premiers vont constamment en augmentant à la fois par suite de l'accroissement de pression et par suite de l'augmentation de surface.

---

(1) En 1914, M. Brillouin, comparant les résultats obtenus avec du cuivre pur recuit, d'un côté par M. Vieille à la compression, d'un autre côté par M. Bouasse à la traction, concluait à la concordance des résultats.

Les seconds au contraire n'augmentant que du fait de l'accroissement de pression, on peut déterminer leur valeur approximative par suspension de poids et l'on constate que leur effet par unité de section va en diminuant notablement quand la pression augmente.

Nous avons pu reprendre sur du cuivre pur recuit toutes ces expériences dans les meilleures conditions de précision avec la collaboration de MM. Ménard et Geoffray; les conclusions sont les suivantes :

1° Entre les diagrammes, de traction et de compression ordinaires, il existe un écart qui ne dépasse pas 7 pour 100 sur les charges et qui est certainement dû, au moins partiellement, au frottement sur les bases; l'effet de ces frottements est en particulier mis en évidence par l'examen micrographique des éprouvettes de compression.

2° Les résultats obtenus par compression hydraulique circonférentielle, corrigés des frottements aux joints, coïncident avec ceux de la traction.

Conclusion. — On peut admettre que, tout au moins pour le cuivre pur recuit, le seul facteur de la déformation permanente à la traction ou à la compression est la composante tangentielle et que l'écrouissage dépend uniquement de la valeur du glissement, non des circonstances dans lesquelles il se produit.

La déformation est indépendante de la pression du milieu ambiant; en effet, l'application d'une pression uniforme a pour effet de modifier uniquement la composante normale en l'augmentant d'une quantité égale à la valeur de la pression en ce point.

Cette conclusion est extrêmement importante pour l'étude des déformations permanentes, comme nous allons le voir.

Considérons un métal soumis à trois tensions principales A, B, C, rangées par ordre de valeur algébrique décroissante. Appliquons au milieu ambiant une tension uniforme de valeur $-$ B. Nous sommes ramenés au cas de deux tensions de signes contraires $A - B$, $C - B$.

L'étude générale des déformations permanentes se ramène donc au cas de deux forces de signes contraires, traction et compression, agissant suivant deux directions rectangulaires.

Observations de M. MESNAGER *à propos de la Note précédente.*

La précédente Note de M. Malaval confirme expérimentalement, d'une façon précise, la loi que j'avais énoncée au Congrès International des

Méthodes d'essai à Paris en 1900, en utilisant des recherches de MM. Galy-Aché et Charbonnier (Dunod, t. I, p. 164) :

« Si l'on construit les courbes qui expriment la relation entre l'écrouissage et les allongements, en prenant pour abscisses les logarithmes népériens (ou autres) de $1+\lambda'$, les courbes obtenues à l'extension et à la compression sont superposables. »

Il résulte d'expériences que j'ai fait faire dans les années suivantes, que l'accroissement de l'écrouissage n'est pas le même quand on applique successivement des efforts de sens contraire. La résistance croît alors moins vite que dans le cas précédent. Un effort de sens opposé paraît détruire en partie l'effet du premier.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Dispositif aérodynamique d'essais de moteurs.* Note de M. **P. Dumanois**, présentée par M. Rateau.

Parmi les caractéristiques les plus intéressantes à déterminer dans l'étude d'un moteur à explosion, résident celles relatives à la variation du couple moteur en fonction du nombre de tours pour une même ouverture de carburateur. La courbe correspondante est communément appelée *courbe de puissance*. Pour déterminer cette courbe, il est donc nécessaire d'accoupler avec le moteur un couple résistant que l'on puisse faire varier.

La détermination de ce couple se fait, en règle générale, par des procédés qui sont dérivés du frein de Prony. Le couple résistant s'obtient simplement en transformant la puissance du moteur en réaction de frottement soit électrique, soit hydraulique, soit aérodynamique, et l'on mesure le couple statique qui fait équilibre au couple dynamique.

Parmi ces différents procédés, l'emploi des réactions hydrauliques (frein Froude) et l'emploi des réactions électromagnétiques (dynamo dynamométrique) permet d'obtenir une courbe de puissance d'une façon continue en faisant varier, avec celui-ci, les résistances sur lesquelles débite la dynamo, avec celui-là, l'inclinaison des aubages.

Lorsqu'on utilise les réactions aérodynamiques on se sert du moulinet Renard constitué par deux pales symétriques dont les plans sont parallèles à l'axe de rotation du moteur. Celui-ci est monté sur un banc-balance permettant la pesée du couple.

Ce dispositif, qui est évidemment le plus simple, a l'inconvénient de ne permettre de tracer la courbe que par points.

Quand on a, en effet, obtenu une valeur de la puissance, pour un moulinet donné, il faut arrêter le moteur et remplacer le moulinet pur un autre plus ou moins résistant pour obtenir un nouveau point. Ceci n'est pas sans entraîner des inconvénients au point de vue de la perte de temps et de main-d'œuvre et même de la comparaison des résultats obtenus.

Il nous a paru utile de rechercher s'il n'était pas possible, avec un moulinet unique, en évitant la complication mécanique de pales orientables, de pouvoir tracer la courbe de puissance de façon continue et sans arrêter le moteur.

Si l'on examine le mode d'action du moulinet, en tant que machine réceptrice, on s'aperçoit qu'il intervient pour donner une certaine quantité de mouvement à la masse d'air environnante.

Si donc on peut faire varier cette masse d'air, on pourra faire varier le couple résistant. Partant de cette idée, nous avons étudié un dispositif dans lequel ce principe est réalisé. C'est ainsi qu'avec un moteur de 12 chevaux, il a été possible, avec un unique moulinet, d'obtenir une variation du nombre de tours comprise entre 950 et 1470 par minute, ce qui est largement suffisant pour les conditions pratiques d'emploi.

La construction des appareils et les essais ont été effectués par mon collaborateur M. Poincaré. Le moulinet est contenu dans un tambour cylindrique fermé par deux parois planes. La paroi opposée au moteur comporte des volets rayonnants qui s'ouvrent autour d'un rayon du tambour quand les volets sont ouverts; le moulinet est presque à l'air libre, puisque les parois verticales n'existent pour ainsi dire plus et que seul le cylindre qui limite extérieurement le tambour subsiste.

L'expérience a montré qu'en laissant la face arrière fermée, mais en faisant varier l'ouverture des volets de la face avant, on passait de 950 tours, tambour ouvert, à 1470 tours, tambour fermé. Ce résultat est d'autant plus intéressant que la disposition adoptée permet d'employer des moulinets d'un diamètre différent dans un même tambour, c'est-à-dire permet d'essayer des moteurs de puissances différentes.

Il suffit en effet que les pales soient à peu près ajustées en largeur. Le jeu laissé entre les pales et le tambour était de 1^{cm} environ de chaque côté, alors qu'entre l'extrémité de la pale et le cylindre limitant extérieurement le tambour, il restait 25^{cm} environ disponibles.

Note à propos de la Communication précédente, par M. **Rateau**.

Le dispositif indiqué par M. Dumanois serait plus commode que le frein Froude qui exige de l'eau. Il est basé sur un principe analogue à celui que j'avais employé moi-même naguère pour l'essai des turbines à vapeur et qui m'avait servi à mesurer l'équivalent mécanique de la calorie avec une très puissante machine de 800 chevaux (¹). Mon frein était constitué par une pompe centrifuge débitant en grande partie sur elle-même et dont on faisait varier le débit, en vue de faire varier le couple résistant, à l'aide d'un tiroir circulaire équilibré.

M. Dumanois fait varier le débit de son frein à air à l'aide de volets, ce qui procure le même résultat.

La substitution de l'air à l'eau permet des simplifications, mais conduit à des dimensions bien plus grandes, quoique encore acceptables. Ainsi, je calcule que, pour absorber la puissance d'un moteur de 400 chevaux tournant à 1600 tours par minute, ce qui est courant aujourd'hui, il faudrait donner à la roue mobile du frein à air un diamètre de $1^{m},40$ au moins, donnant lieu à une vitesse périphérique de 117^{m} par seconde. C'est bien admissible.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur l'unicité des mouvements glissants.* Note de M. **A. Weinstein**, présentée par M. Hadamard.

Je me propose d'étudier le problème de *l'unicité* du mouvement plan *discontinu* de l'écoulement permanent d'un *jet* de fluide parfait par l'orifice d'un vase à parois fixes données, en ne considérant que les mouvements analysés par M. Cisotti (²) où le fluide suit les parois pour ne les quitter qu'à l'orifice (³). Une réponse à cette question, intéressante par elle-même, pourrait être importante pour l'étude par la méthode de continuité du problème d'existence d'un mouvement à parois données. La difficulté

(¹) *Bulletin de l'Association technique maritime*, 1909. Le chiffre trouvé est compris entre 426,85 et 427,11

(²) *Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo*, t. 25, 1908, p. 145.

(³) Les exemples de mouvements discontinus formés par M. Thiry (*Annales de l'École Normale*, 1921, p. 229) montrent la nécessité de mentionner explicitement cette hypothèse.

d'obtenir un résultat sur l'unicité provient du fait qu'il ne s'agit pas ici de la représentation conforme d'un domaine donné sur un autre.

Je suppose que le mouvement, situé dans le plan $z = x + iy$, est *symétrique* par rapport à l'axe des x. Fixons les unités de manière à avoir un jet de section égale à π à l'infini, tandis que la vitesse ait une valeur absolue égale à 1 le long des frontières libres. Désignons par φ et ψ le potentiel et la fonction de courant. On peut alors établir une représentation conforme faisant correspondre au champ du mouvement une bande indéfinie B comprise entre les droites $\psi = \frac{\pi}{2}$ et $\psi = -\frac{\pi}{2}$ du plan $f = \varphi + i\psi$, l'axe des x ayant pour image l'axe des φ. On a $\left|\frac{df}{dz}\right| = 1$ sur les frontières libres. M. Cisotti introduit (d'après le procédé de M. Levi-Cività) au lieu de B, un demi-cercle de rayon 1 situé dans un plan $\zeta = \zeta + i\eta$, le segment réel $-1 \leqq \zeta \leqq 1$ correspondant aux deux lignes libres du mouvement et il donne l'intégrale générale du problème.

Cela étant rappelé, je peux énoncer le résultat suivant : Il n'existe pas dans le problème du jet de mouvement *infiniment voisin* s'appuyant sur les mêmes parois solides et ayant le même coefficient de contraction que le mouvement donné, à condition que l'angle θ de la direction du courant donné avec l'axe des x satisfasse à *l'inégalité*

$$\left|\frac{\partial\theta(\zeta, \eta)}{\partial\zeta}\right| < \frac{2}{\pi} \qquad (-1 \leqq \zeta \leqq 1, \eta = 0). \tag{1}$$

La condition (1) exprime une restriction pour la courbure c des frontières libres, mais ne signifie nullement que c — qui est égal à $\left[\frac{\partial\theta}{\partial\varphi}\right]_{\psi=\pm\frac{\pi}{2}}$ — doit rester bornée : au contraire c devient infinie aux points de raccord du jet avec les parois fixes. M. Cissotti a donné d'importantes solutions particulières correspondant à des parois polygonales. On peut, pour ce genre de solutions, remplacer l'inégalité (1) par une condition très simple où n'intervient que la forme des parois solides données.

On obtient ces résultats en considérant la variation δf de f en fonction de f lui-même dans la moitié supérieure $B_+(\psi \geqq 0)$ de B. Les conditions aux limites pour cette variation se réduisent aux conditions suivantes où ne figure que la partie imaginaire $\delta\psi$ de δf :

$$\frac{\partial(\delta\psi)}{\partial n} = -\frac{\partial\theta}{\partial\varphi}\,\delta\psi \tag{a}$$

sur le segment de la droite $\psi = \frac{\pi}{2}$ correspondant à la frontière libre supérieure,

(b) $$\delta\psi = 0$$

sur le reste de la frontière de B_+ (n signifie la normale intérieure par rapport à B_+).

Les conditions (a) et (b) sont d'un type bien connu. Mais on ne peut pas leur appliquer directement les méthodes classiques pour conclure que la fonction harmonique $\delta\psi$ est identiquement nulle. Cela tient à ce que la fonction $\frac{\partial\theta}{\partial\varphi}$ est toujours *positive* ou nulle, et de plus non bornée. Par un changement de variables et par une application de l'inégalité de Schwarz, j'ai démontré que $\delta\psi$ est nul, la condition (1) étant toutefois supposée remplie.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur les séries autologues appartenant aux problèmes de deux et trois corps.* Note de M. **Charles Bohlin**, présentée par M. Deslandres.

Ainsi que je me suis efforcé de le montrer, il y a lieu, dans plusieurs questions de Mathématiques pures, d'appliquer les séries dites autologues, jouissant de la propriété que les dénominateurs de chaque terme de la série sont donnés, en introduisant, dans l'expression du numérateur correspondant, une certaine valeur constante de l'argument u de la fonction. C'est ainsi qu'on pourra former les racines des équations algébriques, réduites à leur forme *libre*, et en particulier de l'équation de cinquième degré [1] réduite à la forme

$$\eta^5 + \frac{5}{u^3}\eta = \frac{1}{u^5} - 27,$$

en appliquant une série de la forme

(1) $$E = P_{(0} + p''' P_{(0)} + p'''^2 P_{(2)} + \ldots,$$

où $p''' = p_1 p_2 p_3$, et, de plus, les quantités $P_{(r)}$ sont composées d'expressions

[1] *Archives de Mathématiques, etc.*, Académie des Sciences, Stockholm, t. 16, n° 4.

autologues

$$\frac{p(m, n)}{\overline{p}(m, n)}$$

acquérant la valeur de l'*unité* pour $\frac{1}{u^5} = 27$.

La manière propre de transformer de telles séries en des séries trigonométriques, d'usage approprié aux problèmes de la Dynamique et de la Mécanique céleste, doit avoir été reconnue d'autre part. Je me permets d'y insister ici encore, avec peu de mots. En effet, pour le cas d'un seul argument — soit $2u$ — la transformation de la série (1) devant avoir lieu en la forme

$$E = \frac{1}{2} - \frac{\cos 2u}{\operatorname{ch} a} + \frac{\cos 4u}{\operatorname{ch} 2a} - \ldots, \tag{2}$$

on s'aperçoit tout de suite que, si l'on doit avoir [1]

$$E = 0 \quad \text{pour} \quad 2u = ia,$$

cela ne se fait pas maintenant, comme au cas algébrique, en prenant

$$+1 - 1 + 1 + 1 + \ldots = 0,$$

mais en supposant, au contraire,

$$+1 - 1 + 1 - 1 + \ldots = \frac{1}{2}.$$

Substituant dans l'expression (2)

$$\operatorname{ch} a = \frac{e^a + e^{-a}}{2},$$

et en mettant

$$q = e^{-a},$$

on obtient

$$2E = 1 - \frac{4q}{1 + q^2} \cos 2u + \frac{4q^2}{1 + q^4} \cos 4u - \ldots \tag{3}$$

Employant une notation que je me permets de proposer, on aura ainsi

$$2E = e(u),$$

où l'on a

$$e(u) \equiv \frac{2K}{\pi} \frac{k'}{\Delta am \frac{2K}{\pi} u}.$$

---

(1) Consulter : Ch. Hermite, *Théorie des fonctions elliptiques* (*Œuvres* publiées par Émile Picard, t. 2, p. 137).

Nous voici par cela amenés à une solution du problème de deux corps, auquel la série (2) appartient en premier lieu, à l'aide des fonctions doublement périodiques. En réalité cette solution est la même que celle trouvée autrefois par H. Gyldén ([1]) et obtenue maintenant d'une manière différente, en formant la série (2) comme cas particulier d'une série autologue à *trois* arguments, qui a été envisagée au premier abord par rapport au problème des trois corps. J'aurai l'occasion de revenir prochainement, avec plus de détails, sur cette question ([2]).

Je tire, du manuscrit dont il s'agit, encore la remarque suivante :

Supposez que, pour les deux rayons vecteurs du problème des trois corps, des expressions telles que

$$(4)\qquad \begin{cases} 2\mathrm{E}_0\sqrt{\dfrac{r}{a}} = \dfrac{1}{2} - \dfrac{\lambda\cos u + \mu\cos v + \nu\,\mathrm{ch}\,\delta}{\lambda\,\mathrm{ch}\,a + \mu\,\mathrm{ch}\,b + \nu\cos\mathrm{H}} + \ldots, \\ 2\mathrm{E}_1\sqrt{\dfrac{r'}{a'}} = \dfrac{1}{2} - \dfrac{\lambda'\cos u' + \mu'\cos v' + \nu'\,\mathrm{ch}\,2\delta}{\lambda'\,\mathrm{ch}\,a' + \mu'\,\mathrm{ch}\,b' + \nu'\cos 2\mathrm{H}} + \ldots \end{cases}$$

ont lieu, où H est l'angle commun formé par r et r'. Il s'agit essentiellement de la détermination des coefficients ν et ν'. En écrivant le potentiel

$$\mathrm{U} = \mathrm{K}^2\left[\frac{mm_1}{\Delta_1} + \frac{mm_2}{\Delta_2} - \frac{m(m_1+m_2)}{r'}\right]$$

sous la forme

$$\mathrm{U} = \mathrm{K}^2\frac{m(m_1+m_2)}{r'}\left(\frac{m_1}{m_1+m_2}\frac{r'}{\Delta_1} + \frac{m_2}{m_1+m_2}\frac{r'}{\Delta_2} - 1\right),$$

on peut par cela concevoir cette fonction U, caractéristique des mouvements, résolue en deux facteurs, savoir

$$\mathrm{U} = \rho.\sigma,$$

où l'on aura

$$\rho = \sqrt{c}\,\frac{a}{a'}\,\frac{k^2}{\mathrm{K}\sqrt{a}}\,\frac{m}{\mathrm{M}}\,\frac{a'}{r'},$$

$$\sigma = \sqrt{c}\left(\frac{a}{a'}\right)^2\frac{k'^2}{\mathrm{K}\sqrt{a'}}\left[\frac{m_1}{m_1+m_2}\frac{r'}{\Delta_1} + \frac{m_2}{m_1+m_2}\frac{r'}{\Delta_2} - 1\right].$$

Cela étant, il conviendra aux conditions du problème des trois corps de prendre

$$(5)\qquad \begin{cases} \nu = \nu_0\,\rho, \\ \nu' = \nu'_0\,\sigma. \end{cases}$$

([1]) *Comptes rendus*, t. 89, 1879, p. 850 et 953.

([2]) *Archives de Mathématiques, etc.*, Académie des Sciences, Stockholm, t. 18, n° 29.

Car, par exemple, pour $\Delta_1 = \Delta_2 = r'$, cas où le mouvement de r' devient purement elliptique, on obtient ainsi

$$\nu' = 0.$$

La série (4) se réduit par cela, en adoptant de plus la valeur de $\mu' = 0$, à la série (2) appropriée, ainsi que nous l'avons vu, au problème de deux corps. Les circonstances sont analogues par rapport au rayon vecteur r.

Cette répartition du potentiel U par rapport aux deux rayons vecteurs r, r' respectivement paraît, en effet, appropriée, d'une manière singulière, à l'analyse poursuivie du problème des trois corps, d'après la méthode de réduction au centre de gravité *binaire*, due à Jacobi [1]. Les développements ultérieurs, auxquels on se trouve amené par suite de cette remarque, seront exposés dans le Mémoire signalé ci-dessus, dont la publication est prochaine.

ASTRONOMIE. — *Sur une expression simple de l'accélération de Mercure dans le cas du problème des deux corps, avec prise en considération du mouvement du périhélie de la planète.* Note de M. **Ernest Pasquier**.

Dans ces derniers temps, les *Comptes rendus* ont publié diverses Communications ayant le même objet que la Note actuelle; celle-ci se base sur les notions les plus élémentaires de mécanique analytique.

J'appelle J l'accélération, par rapport au solide stellaire, de la planète que je considère, Mercure par exemple.

Pour trouver J, on peut introduire un système de comparaison mobile et désigner par j, j', j'' respectivement l'accélération relative, l'accélération d'entraînement et l'accélération complémentaire.

Entre ces quatre accélérations existe la relation géométrique

$$J = j + j' + j''. \tag{1}$$

On aura J si, grâce à un choix convenable du solide mobile, on sait déterminer j, j', j''.

Ce système de comparaison mobile, que j'appelle $Sxyz$, est défini comme suit : S est le centre du Soleil, considéré comme fixe, Sxy est le plan de

(1) *Sur l'élimination des nœuds dans le problème des trois corps* (*Journal de Liouville*, 1re série, t. 9; *Crelle*, t. 26, 1843; voir aussi les *Œuvres complètes* de Jacobi).

l'orbite planétaire, Sz est perpendiculaire à ce plan. Le solide $Sxyz$ est supposé animé, par rapport au solide stellaire, d'un mouvement de rotation uniforme autour de Sz; ce mouvement a le sens direct et la vitesse angulaire correspondante est appelée ω. L'accélération d'entraînement j' se réduit ici à sa composante normale $\omega^2 r$.

La vitesse angulaire ω est prise égale à la vitesse angulaire $\frac{d\varpi}{dt}$ qui correspond au mouvement du périhélie. La valeur de ω $\left(\text{ou de } \frac{d\varpi}{dt}\right)$ est aisée à calculer puisque l'on sait que le déplacement séculaire de ce périhélie est d'environ 40″.

J'adopte, ainsi qu'on le fait habituellement en astronomie, le jour solaire moyen comme unité de temps et la distance moyenne de la Terre au Soleil comme unité de longueur. Avec ces unités, la distance moyenne du Soleil à Mercure est égale à 0,387 et la vitesse angulaire ω est très petite; j' qui égale $\omega^2 r$ est donc tout à fait négligeable.

A propos de l'accélération complémentaire j'', on se rappellera qu'elle est à la fois perpendiculaire à l'axe instantané de la rotation ω et à la vitesse relative v, et qu'elle a pour grandeur $2\omega v \sin(\omega, v)$.

Dans le cas particulier actuellement en cause, l'axe instantané se confond toujours avec l'axe Oz, qui est perpendiculaire au plan de l'orbite; par suite j'', qui est perpendiculaire à v, se trouve aussi dans ce plan et a pour valeur

$$j'' = 2\omega v. \tag{2}$$

C'est une première forme sous laquelle on peut mettre j''.

Mais, vu le mouvement dont est animé, par rapport au solide stellaire, le système mobile $Sxyz$, le mouvement de la planète par rapport à ce système mobile lui-même est évidemment celui qui satisfait à la loi newtonienne.

La vitesse relative v qui intervient dans la relation (2) satisfait donc à cette loi, de sorte qu'on peut écrire

$$v = \sqrt{fM\left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a}\right)},$$

où f est la constante de Gauss, M la masse du Soleil et a le demi-grand axe de l'ellipse képlérienne. Il en résulte que

$$'' = 2\frac{d\varpi}{dt}\sqrt{fM\left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a}\right)}. \tag{3}$$

C'est une deuxième forme sous laquelle on peut mettre j''.

Le motif pour lequel la vitesse relative v satisfait à la loi newtonienne permet de conclure que l'accélération relative j satisfait à la même loi; par suite

$$j = \frac{fM}{r^2} \tag{4}$$

et est dirigé vers le centre du Soleil.

Puisque $j' = 0$ et que l'on connaît j et j'' en grandeur, direction et sens, on connaît aussi J en grandeur, direction et sens. Suivant que l'on adopte pour j'' la formule (2) ou la formule (3), on a définitivement pour J

$$J = \frac{fM}{r^2} + 2v\frac{d\varpi}{dt} \tag{5}$$

ou

$$J = \frac{fM}{r^2} + 2\frac{d\varpi}{dt}\sqrt{fM\left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a}\right)}. \tag{5 bis}$$

PHYSIQUE. — *Relation entre le module d'Young et le rapport de la densité à la masse atomique.* Note [1] de M. **Thadée Peczalski.**

Considérons un cube d'une substance solide. La force dF appliquée à deux faces opposées de ce cube produit un allongement dl des arêtes parallèles à la direction de la force. De la définition de module d'Young E, on a

$$dF = E\,dl. \tag{1}$$

Supposons que la substance est composée des particules toutes identiques entre elles, ces particules étant distribuées à l'intérieur de la masse de la substance suivant les sommets des cubes dont les arêtes ont une longueur r. A l'intérieur de la substance existeraient donc des couches de particules, couches et particules distantes de r. Soit n le nombre des particules dans un centimètre cube. D'après l'hypothèse ci-dessus,

$$\left\{\begin{aligned} r^3 n &= 1^{\text{cm}^3}, \\ r\sqrt[3]{n} &= 1^{\text{cm}}, \\ \sqrt[3]{n}\,dr &= dl. \end{aligned}\right. \tag{2}$$

Nombre des particules dans une couche : $\sqrt[3]{n^2}$. Nombre de couches : $\sqrt[3]{n}$.

Pendant la traction une couche exerce sur une particule de la couche

[1] Séance du 8 janvier 1923.

suivante une force proportionnelle au nombre des particules qu'elle contient, c'est-à-dire à $\sqrt[3]{n^2}$, sur toutes les particules de la couche la plus approchée de la première elle exerce une force proportionnelle à $\sqrt[3]{n^2} \times \sqrt[3]{n^2} = \sqrt[3]{n^4}$.

r étant très petit, l'action de la couche considérée se rapporte non seulement à la couche voisine mais aussi aux autres couches. La force qui résulte de toutes ces actions est proportionnelle au nombre des couches dans l'unité de longueur, c'est-à-dire à $\sqrt[3]{n}$. D'autre part, toutes les autres couches exercent sur la première une force qui aussi est proportionnelle à $\sqrt[3]{n}$. La force résultante des actions de toutes les couches sur la couche considérée est donc proportionnelle à $\sqrt[3]{n^2}$.

Somme toute, la force df développée par le déplacement de dr, d'une couche, est proportionnelle à $\sqrt[3]{n^4} \times \sqrt[3]{n^2} = n^2$ et aussi df est proportionnelle à dr.

Déplaçant de dr toutes les couches, on produit la force dF, somme de toutes les forces df; $dF = \sqrt[3]{n}\, df$.

D'après les raisonnements précédents et les formules (1) et (2) on a

$$dF = \sqrt[3]{n}\, df = A n^2\, dr . \sqrt[3]{n} = A n^2 dl = E\, dl,$$

A est un coefficient fixe.

D'où

$$E = A n^2, \tag{3}$$

n peut être calculé en supposant que chaque particule possède la masse d'un atome. N atomes possédant la masse M (masse atomique de la substance), le nombre n atomes contenus dans 1^{cm^3} de masse δ (densité) est

$$n = N\left(\frac{\delta}{M}\right). \tag{4}$$

L'équation (3) s'écrit donc

$$E = B\left(\frac{\delta}{M}\right)^2, \tag{5}$$

B étant une nouvelle constante.

Donnant à B la valeur $8 . 10^5$, on calcule en unités kg : mm² :

Substance.	$E.10^{-3}$ (calculé).	$E.10^{-3}$ (mesuré).
Al	7,1	6,3-7,5
Ag	7,58	6-8
Cd	4,74	5-7
Mg	4,1	4-4,2
Ni	17,5	20-22
Au	7,64	7-9,5
Pd	10	10-11,5
Pb	2,4	1,5-1,7
Zn	9,5	8-13

On peut étendre l'application de la formule (5) au cas des substances formées des composés chimiques en prenant pour M

$$M = \frac{k_1 M_1 + k_2 M_2 + \dots}{k_1 + k_2 + \dots}, \tag{6}$$

M_1, M_2, ... étant des masses atomiques des éléments et k_1, k_2, ... nombre d'atomes de chaque élément dans la molécule.

On calcule par exemple pour NaCl, $M = 34,25$ et $E = 4,4.10^3$ avec la valeur du coefficient B la même qu'auparavant. La valeur expérimentale de E est $4,2.10^3$. Comme on voit, même dans ce cas, la formule (5) permet de calculer approximativement le module d'Young.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Fluides superficiels. Extension illimitée de l'acide oléique.* Note de M. A. **Marcelin**, présentée par M. G. Urbain.

Dans trois Notes précédentes ([1]), j'ai précisé la notion de « pression superficielle » qu'exerce dans son plan une couche monomoléculaire d'acide oléique étendue sur l'eau. J'ai mis en évidence la « pression de saturation » caractéristique de l'équilibre entre le fluide superficiel, probablement monomoléculaire (phase à deux dimensions) et la matière condensée (phase à trois dimensions : disques lenticulaires).

Étudiant la détente d'une couche saturée, j'avais constaté que la « pression superficielle », d'abord fixe, commençait à décroître aussitôt après la disparition complète des globules, puis tentait très progressivement vers

([1]) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 38 et 79; t. 175, 1922, p. 346.

zéro, la courbe $p=f(S)$ ne présentant pas la moindre apparence d'une discontinuité ou d'un seuil; j'avais été amené à la conclusion suivante :

Il n'y a pas plus de limite à l'extension superficielle de l'acide oléique, qu'il n'y a de limite à l'expansion d'un gaz; un appareil suffisamment sensible permettrait certainement de mesurer la pression superficielle pour une extension de la matière supérieure à celle qui correspond à la juxtaposition des molécules sur la surface de l'eau.

Des expériences récentes m'ont permis de vérifier cette affirmation.

Description de l'appareil. — Un fil d'argent vertical (diamètre $0^{mm},2$, longueur 15^{cm}) porte un bras horizontal constitué par une paille; par l'intermédiaire de deux aiguilles verticales fixées à l'une de ses extrémités la paille est rendue solidaire d'une bande de mica paraffinée (longueur $20^{cm},4$, largeur 1^{cm}) qui flotte à plat sur la surface de l'eau.

L'eau est contenue dans une cuve en zinc, spécialement construite, dont les bords sont constitués par deux bandes ployées en forme d'arcs de cercles de 37^{cm} et 16^{cm} de rayons, centrées sur le fil, et par deux bandes rectilignes convergentes vers le fil et formant entre elles un angle de 40°.

La bande de mica, sans toucher les bords de la cuve, constitue une barrière mobile qui partage la surface en deux parties; sur l'une est déposé l'acide oléique; l'autre est essuyée aussi soigneusement que possible; *la séparation est suffisamment étanche pour les fluides dilués;* la torsion du fil mesure la pression de l'acide oléique.

Bien que les mesures soient en cours d'exécution et que des perfectionnements des appareils soient envisagés, je puis dès maintenant donner quelques résultats :

Pour faciliter le langage, attribuons arbitrairement la valeur $S=1$ à la surface qu'occupe une quantité déterminée d'acide oléique qu'on rassemble en soufflant légèrement suivant la technique exposée par M. Devaux [1]. Cette surface, bien que ne correspondant à aucune discontinuité sur la courbe $p=f(S)$, est pratiquement assez bien déterminée car la pression de l'acide oléique croissant rapidement en fonction de la réduction de la surface, celle-ci varie fort peu quand on souffle plus ou moins fort pour rassembler les molécules d'acide oléique.

Pour une surface dix fois supérieure à celle qu'occupent les molécules rassemblées par le souffle : $S=10$, une pression superficielle est déjà décelable.

Pour $S=4$, la pression devient mesurable; elle est de l'ordre de 0,05 dyne par centimètre lorsque S reste compris entre 4 et 2,5.

---

(1) On sait que cette surface est à peu près égale à la surface qu'occuperaient les molécules si elles étaient sphériques et juxtaposées sur la surface.

Depuis $S = 2,5$ jusqu'à $S = 1$ la pression croît régulièrement et de plus en plus vite; elle atteint 0,5 dyne environ pour $S = 1$, et nous savons qu'elle continue à croître jusqu'à ce qu'elle ait atteint la valeur de saturation $p = 30$ dynes pour $S = 0,5$.

Il était à prévoir que les molécules d'acide oléique éparpillées sur la surface de l'eau devaient être animées d'une vive agitation, et qu'une pression superficielle devait en résulter; nous avons une image agrandie de cette agitation dans le mouvement brownien à deux dimensions, observé et cinématographié par M. J. Perrin, mouvement dont sont animées des sphérules liquides sur la tache noire d'une bulle de savon.

Nous avions comparé le fluide superficiel saturé à une vapeur (vapeur saturante en équilibre avec la phase condensée et vapeur sèche). Nous pouvons penser que nous venons d'aborder l'étude d'un gaz superficiel.

L'acide oléique à la surface de l'eau se trouve dans un état particulier intermédiaire entre l'état libre et l'état dissous; les molécules flottantes d'acide oléique sont vraisemblablement, suivant l'ingénieuse conception de M. Langmuir, liées à la surface par l'affinité du groupement COOH, affinité insuffisante pour les incorporer avec l'eau.

Si l'on admet ce rapprochement entre les solutions et les couches monomoléculaires d'acide oléique, on pourra donner à ces dernières le nom de « dissolutions superficielles » et dire que la bandelette de mica joue le rôle d'une paroi semi-perméable; peut-être n'avons-nous jamais eu à notre disposition de méthode aussi souple et aussi directe pour aborder l'étude expérimentale des pressions osmotiques.

SPECTROSCOPIE. — *Sur l'aspect des raies de flamme, d'arc et d'étincelle dans les spectres d'arc des métaux, dans le vide.* Note de M. **St. Procopiu**, présentée par M. A. de Gramont.

L'objet de ce travail est d'exposer les différents aspects que présentent les raies des spectres d'arc dans le vide, ces aspects pouvant jeter quelque lumière sur le mécanisme de l'émission.

Le dispositif expérimental est celui indiqué dans une Note précédente (¹). Voici les principaux résultats auxquels je suis arrivé :

1. *Les raies de flamme* (raies de Watteville), de notation $1S - 1P$

(¹) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 385.

et $1\,S - 1\,p_2$, s'étendent, également élargies, sur toute la longueur de l'arc, quelles que soient la pression sous laquelle jaillit l'arc, et l'intensité du courant. Les raies de notation $1\,S - 1\,P$ sont légèrement plus larges à l'anode (où la température doit être plus haute); et aux basses pressions elles ne sont pas renversées, bien que dans le spectre de l'arc dans l'air elles présentent de magnifiques renversements.

2. *Les raies d'arc*, des deux séries secondaires, ont un aspect très différent à l'anode et à la cathode. A la cathode les raies présentent une partie courte, intense, élargie, continuée latéralement par des ailes, notamment pour la série diffuse; ensuite vient un rétrécissement d'intensité nulle ou très faible; et enfin la partie anodique longue, faible et étroite.

Cet aspect est caractéristique pour les métaux de poids atomique élevé, Cd et Zn; il l'est moins pour Ca, Mg, Al. *Le rapport de l'élargissement cathodique à l'élargissement anodique, pour les termes d'une série, est d'autant plus grand que la raie considérée est d'un ordre plus élevé.* C'est-à-dire que la partie anodique d'une raie est presque égale à la partie cathodique, si la raie constitue le premier terme d'une série, et elle est presque nulle si la raie constitue un terme d'ordre élevé.

Lorsqu'on diminue la pression (entre 40^{mm} à 1^{mm}) ou qu'on augmente l'intensité du courant, la partie anodique des derniers termes devient plus intense, le rapport des élargissements des deux électrodes tendant vers l'unité; en même temps la partie élargie négative s'étend vers la partie positive.

L'élargissement cathodique, caractéristique des raies d'arc pour des pressions d'environ de 15^{mm} à 1^{mm}, et visible à l'œil sur les clichés comme des lentilles auprès de la ligne de la cathode, paraît être dû à la présence, au voisinage de la cathode, d'un plus grand nombre de particules qui émettent les raies d'arc. Lorsque la pression devient basse, vers 1^{mm}, la région avec de nombreuses particules émettrices s'étend loin vers l'anode.

Or, d'après Gouy (1), plus le nombre de particules est grand, plus la raie émise apparaît large (par un phénomène d'absorption).

Une autre hypothèse vraisemblable serait que l'élargissement soit dû à l'existence d'un champ électrique intermoléculaire (effet Stark-Lo Surdo).

Voici quelques faits qui conduisent à considérer que *l'effet Gouy* est la cause principale de l'élargissement cathodique :

1° Les raies d'arc, dans le vide, sont renversées, à la cathode principalement.

(1) G. Gouy, *Journal de Physique*, t. 9, 1880, p. 26.

2° La partie la plus large du renflement cathodique correspond à l'endroit où finit la partie élargie des raies d'étincelle; et comme ces dernières sont attribuées à l'ion positif, on a le plus faible champ électrique intermoléculaire au point où elles finissent. Or, justement à cet endroit se trouve le plus grand nombre d'ions neutralisés, qui peuvent continuer à émettre, comme atomes, les raies d'arc.

3° Les métaux, qui existent en faible quantité, comme impuretés, émettent toujours des raies étroites et à bords nets.

4° Certains métaux, comme Al et Mg, présentent des raies d'étincelle, fortes à l'anode, sans que toutefois les raies d'arc changent d'aspect.

3. *Les raies d'étincelle* commencent brusquement à la cathode, formant une partie cathodique intense plus courte que celle correspondante des raies d'arc. Le reste de la raie est faible et étroit. Ces raies ne se continuent généralement pas au delà des électrodes, sauf les raies de la série principale (comme $\lambda 2144$ et $\lambda 2265$ du Cd^+), qui se comportent comme des raies de flammes.

Une troisième catégorie de raies d'étincelle, comme $\lambda 4912$ et $\lambda 4924$ du Zn^+, apparaissent fortes à la cathode, sur une distance d'environ 1^{mm}, pour un arc de 8^{mm} à 10^{mm}, et ne se continuent plus sur la longueur de l'arc, pas même comme traces; ce qui me fait supposer qu'elles appartiennent à un état plus avancé d'ionisation.

Ce que j'ai dit de l'aspect des raies d'étincelle est valable pour Cd, Zn, Hg, C. Mais les métaux oxydables, comme Al et même Mg, présentent des raies d'étincelle avec deux parties élargies, l'une cathodique, l'autre anodique; et dans le cas de Al, cette dernière est de beaucoup la plus intense. Le renversement des raies d'étincelle de Al se révèle d'ailleurs à l'anode.

Le fait, que les raies d'étincelle de Al sont plus fortes à l'électrode positive, me paraît dû à l'existence d'une couche d'oxyde à la surface du métal. Cet oxyde pourrait augmenter la chute du potentiel à l'anode, ou, par échauffement, envoyer vers la cathode des ions positifs, qui sont capables d'émettre les raies d'étincelle.

4. Voici quelques expériences qui montrent qu'*une couche d'oxyde peut jouer un rôle certain dans l'émission des raies d'étincelle :*

J'ai introduit sur l'anode d'un métal de la première catégorie, Zn ou Cd, un oxyde, ZnO, ou un sel, $ZnCl^2$, CdI^2, sels connus comme émettant des ions positifs par échauffement; et dans tous ces cas, dans l'arc dans le vide, j'ai constaté que les raies d'étincelle du Zn et du Cd apparaissent fortes à l'anode, comme pour Al. A l'endroit du raccord, au milieu de l'arc, des

parties cathodique et anodique de la raie d'étincelle, celle-ci paraît tordue, les deux parties étant décalées l'une par rapport à l'aûtre.

Les mêmes choses peuvent être constatées pour les spectres d'arc entre charbons avec $ZnCl^2$ (¹).

5. *Les bandes* du métal, comme λ 4491 et λ 4298 du Cd, sont développées au *milieu de l'arc*, pour un courant faible; elles s'étendent au milieu et à l'anode pour un courant intense.

A l'anode apparaissent aussi, dans le vide, les bandes de l'azote et de la vapeur d'eau (²).

De ce qui précède, il résulte que les raies de flamme sont émises par des particules existant en égale quantité dans toute la masse de l'arc : ce sont des raies de température (³); les raies d'arc sont émises par des particules plus nombreuses au voisinage de la cathode qu'à la cathode elle-même; et les raies d'étincelle proviennent des particules au voisinage immédiat de la cathode ou partant de l'anode dans le cas des métaux oxydables.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur un phénomène observé lors de l'essai de traction d'alliages en cours de transformation.* Note de MM. **Albert Portevin** et **François Le Chatelier**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Au cours d'une étude sur les alliages légers d'aluminium trempés, nous avons observé le phénomène suivant. En cassant par traction, soit des éprouvettes cylindriques prélevées dans des barres filées, soit des éprouvettes plates prélevées dans des tôles, l'effort, au lieu de croître d'une manière continue, progresse par oscillations répétées, dont l'amplitude peut atteindre 4 pour 100 de la charge totale, et dont la fréquence est de quelques oscil-

---

(¹) C'est avec l'arc dans le vide, entre charbons avec $ZnCl^2$, ou entre électrodes de Zn chargées de $ZnCl^2$, que j'ai obtenu un renversement net des raies λ2502 et λ2558 du Zn^+ qui, dans la Note précédente, étaient données comme présentant un renversement diffus.

(²) MM. Fabry et Buisson (*Journal de Physique*, t. 9, 1910, p. 929) avaient déjà constaté que la flamme négative de l'arc au Fe dans le vide émet les raies du métal, et la flamme positive les bandes du gaz ambiant.

(³) Voir les recherches de A. S. King, *sur les variations de la raie* λ 4227 *du* Ca *avec la température et avec la densité de vapeur métallique* (*Astroph. J.*, t. 28, 1908, p. 389, et t. 9, 1909, p. 381).

lations par seconde [1]. La courbe efforts-allongements, enregistrée par la machine, présente l'aspect donné par les figures 1 et 2. L'amplitude des

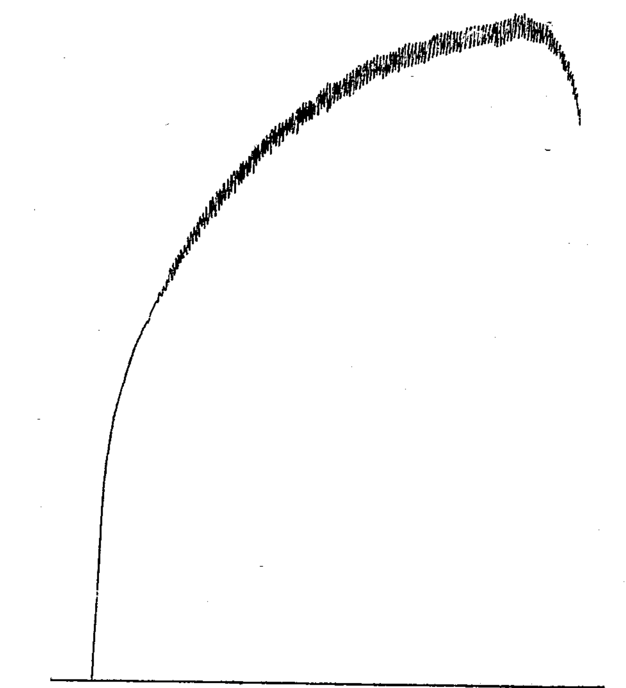


Fig. 1. — Courbe de traction d'une éprouvette cylindrique (diamètre = $13^{mm},8$) en alliage Al-Cu-Mn. Abscisses : allongements (échelle : 27^{mm} = 10 °/$_{o}$); ordonnées : efforts (échelle : 30^{mm} = 10 kg : mm²).

oscillations croît avec la charge jusqu'au maximum de la courbe moyenne. La vitesse de mise en charge correspondait à un allongement de 8 pour 100 par minute.

En même temps apparaissent, à la surface des éprouvettes plates, des lignes de glissement connues sous le nom de lignes de Piobert, de Hartmann ou de Lüders. Ces lignes sont inclinées de 60° à 70° sur la direction de l'effort; elles appartiennent à deux séries conjuguées, symétriques par rapport à l'axe de l'éprouvette; chaque oscillation de la charge paraît

(1) M. André Le Chatelier avait déjà observé un phénomène semblable dans l'essai de traction des aciers aux températures comprises entre 80° et 250°; il l'avait attribué à un changement d'état du métal provoqué par la déformation mécanique (*Revue de Métallurgie*, t. 6, 1909, p. 914).

correspondre au déclenchement d'une série de glissements qui se propagent comme un train d'ondes d'un bout à l'autre de l'éprouvette. L'arrivée de

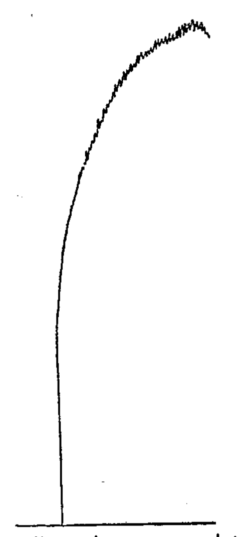


Fig. 2. — Courbe de traction d'une éprouvette plate (section = 20 × 2mm) en alliage Al-Cu-Mg-Mn. Abscisses : allongements (échelle : 10mm = 10 %); ordonnées : efforts (échelle : 10mm = 5 kg : mm²).

chaque train d'ondes est accompagnée d'un petit bruit sec, parfois perceptible à plusieurs mètres de distance.

Généralement, tous les trains d'ondes successifs sont parallèles entre eux. L'apparition de la première ligne conjuguée de ceux-ci crée la striction et détermine la rupture.

Les essais ont été faits avec une machine de traction Amsler. L'inertie du pendule du manomètre influe probablement sur le tracé du diagramme, soit en modifiant la forme des oscillations, soit en réglant la fréquence par résonance. Ce phénomène n'a été observé cependant sur aucun autre des alliages essayé avec cette même machine.

L'intérêt principal de ce phénomène est de ne se produire que dans les alliages en cours de transformation.

On sait que les alliages trempants riches en aluminium, du type $Al\text{-}Mg^2Si$, ou du type $Al\text{-}Al^2Cu$, ou du type $Al\text{-}Mg^2Si\text{-}Al^2Cu$ (duralumins industriels) avec ou sans addition d'autres métaux (Mn, Zn, etc.), subissent après trempe un revenu progressif à une température voisine de la température ambiante. Ce revenu se traduit par un accroissement de la charge de rupture R et de la dureté Δ, durcissement attribué à la précipitation des constituants Mg^2Si et Al^2Cu maintenus en solution solide sursaturée par la trempe.

Le phénomène décrit atteint son maximum d'amplitude immédiatement après trempe. Les oscillations sont d'autant plus faibles et commencent après une déformation permanente d'autant plus grande que le revenu a été plus prolongé. Elles disparaissent quand la transformation est terminée. Un recuit d'adoucissement les fait réapparaître.

La courbe 1 a été obtenue avec un alliage du type sans magnésium : Cu = 4,5 pour 100; Mn = 0,8 pour 100 [1]. Cet alliage donne, immédiatement après trempe, $R = 32\ \mathrm{kg:mm^2}$ et, après durcissement, $R = 45\ \mathrm{kg:mm^2}$.

La courbe 2 a été obtenue avec un alliage contenant du magnésium (Cu = 4,8 pour 100; Mn = 0,6 pour 100; Mg = 0,5 pour 100; Si = 0,3 pour 100) donnant, après trempe, $R = 33\ \mathrm{kg:mm^2}$ et, après durcissement, $R = 54\ \mathrm{kg:mm^2}$.

Ainsi ce phénomène a été observé sur les alliages des deux types, avec et sans magnésium; il paraît donc lié à la transformation, accompagnée de durcissement, qui s'opère après trempe. A cet égard, il constitue un réactif permettant de reconnaître l'état d'avancement de la transformation pendant le revenu.

On peut enfin noter que l'apparition des lignes de Piobert accompagne, d'après Karman, la présence d'un maximum de la courbe déformation-charge. Ici, on a une série de maxima fréquemment répétés marquant chacun l'achèvement d'un groupe de lignes de Piobert.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action de la chaleur sur les kaolins, les argiles, etc. Les poteries noires.* Note de M. **A. Bigot**, présentée par M. Haller.

On désigne, sous ce nom, des poteries imprégnées de matières charbonneuses et fabriquées ordinairement avec des argiles communes. On peut les diviser en deux catégories bien distinctes :

1° Poteries noires, ayant perdu à la cuisson leur eau de constitution et dont M. Le Chatelier a fait une étude indiquant les conditions dans lesquelles se fixent les matières charbonneuses [2].

2° Les poteries noires, qui ont conservé leur eau de constitution et qui,

---

(1) C'est une des compositions expérimentées déjà par Rosenhain et Lantsberry dans leur étude sur les alliages Al-Cu-Mn (Neuvième rapport au Comité des Alliages; *Inst. Mech. Engin.*, janvier 1910).

(2) *Comptes rendus*, t. 121, 1895, p. 386.

par conséquent, ont été cuites à une température inférieure à 600°. Ce sont ces dernières poteries qui font l'objet de la présente étude.

Cette seconde catégorie de poteries noires comprend un très grand nombre de variétés; nous les diviserons en deux séries :

Les poteries noires faites à la main, au colombin, sans l'intervention du tour de potier.

Les poteries noires faites sur le tour de potier.

En 1910, un savant archéologue de Joyeuse (Ardèche), le Dr Jullien, nous fit parvenir des débris de poterie noire découverts par lui dans les grottes des Bouchets (Ardèche) et dont la fabrication remonte à environ 2500 ans avant l'ère chrétienne; il y trouva un vase à peu près entier placé au fond de la grotte et destiné à recueillir l'eau tombant de la voûte.

Nous en avons étudié un fragment. Il était noir fauve, sa porosité était très faible (absorption, 3 pour 100 d'eau); il était constitué par une matière fine mélangée de grains assez gros de calcite; chauffé en tube ouvert, il dégageait de l'eau accompagnée de matières goudronneuses et d'une odeur analogue à celle qui se produit dans la calcination du bois. A 800° la perte de poids totale était de 15 pour 100; la calcite était transformée en chaux vive, et la matière prenait la teinte de la terre cuite. Après chauffage à 800°, la chaux, au contact de l'eau, se délitait en foisonnant.

Ces poteries, après séchage, étaient empilées le long des parois d'un rocher, recouvertes de branchages et de mousses, auxquelles on mettait le feu en évitant l'air en excès; la cuisson se faisait comme celle du charbon de bois dans les forêts.

Ce procédé de fabrication antique subsiste dans la plus grande partie de l'Afrique : chez les Bassoutos, les poteries sont faites au colombin par les négresses. Comme le combustible est rare, on se sert de bouse de vache desséchée; les matières goudronneuses qui se dégagent de la combustion imprègnent l'argile qui devient noire.

Nous avons chauffé en tube ouvert, un morceau de poterie noire hottentote; il se dégage de l'eau, des goudrons et une odeur de musc.

Les poteries noires Étrusques qui se déshydratent à la calcination constituent la deuxième série; elles ont été faites au tour de potier et témoignent d'un art très avancé.

Les premières analyses de ces poteries ont été faites en 1841 par de Marignac et publiées par Brongniart dans son Ouvrage sur les Arts céramiques; dans toutes les analyses, de Marignac a trouvé de l'eau et du charbon.

M. Pottier, l'éminent conservateur du Musée du Louvre, nous a remis quelques échantillons de poteries Étrusques, que nous avons soumis à l'analyse : sous le n° 1, nous donnons une analyse faite par de Marignac et, sous le n° 2, une analyse faite par nous.

	N° 1.	N° 2.
Silice	63,00	49,80
Alumine	14,44	12,35
Oxyde de fer	7,75	7,20
Chaux	2,98	11,80
Magnésie	1,83	2,55
Charbon	1,55	1,39
Eau	8,45	7,75
Gaz carbonique	—	7,15

L'échantillon de Marignac ne contient pas de carbonate de chaux; celui de M. Pottier en contient 16,25 pour 100; c'est une argile calcaire.

Chauffé au tube ouvert, il dégage de l'eau et une odeur résineuse. A la température de 700°, il perd plus de 15 pour 100 de son poids et prend une couleur de terre cuite; sa porosité augmente. Nous avons trouvé des indices certains qui démontrent que ces poteries étaient chauffées en vase clos, complètement entourées et remplies d'aiguilles de pin.

Les poteries noires de l'Ardèche, des Bassoutos, des Étrusques ont les mêmes propriétés. Nous avons cherché la cause de leur durcissement : est-elle due à la présence des matières goudronneuses ou à une pectisation partielle des colloïdes contenus dans l'argile qui les constitue?

Nous avons chauffé, à 500° à l'air, un morceau de poterie noire Étrusque; la matière charbonneuse brûle peu à peu et le morceau prend la teinte grise de l'argile primitive qui reste dure et ne se délite pas dans l'eau; donc le durcissement n'est pas dû à la matière goudronneuse.

Nous avons pris un autre fragment de poterie noire Étrusque, nous l'avons réduit en poudre impalpable; nous avons fait, en mouillant cette poudre, deux éprouvettes en pâte molle qui ont été séchées; l'une d'elles a été plongée dans l'eau et s'est délitée immédiatement; l'autre, après chauffage à 450°, est devenue dure et ne se délite plus dans l'eau; une partie des colloïdes qu'elle renfermait encore s'est pectisée (1).

Nous pouvons conclure que la fabrication des poteries noires (non déshydratées) est basée sur le phénomène de la pectisation partielle des colloïdes des argiles.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 91.

Le vase noir de la grotte des Bouchets, resté pendant des siècles à l'humidité, ne s'est pas délité à la longue, tandis qu'une terre cuite, dans ces conditions se serait transformée en argile : nous reviendrons ultérieurement sur cette question où la présence des goudrons dans l'argile joue un rôle important.

Les Étrusques ont également fabriqué des poteries noires bien cuites, déshydratées et ensuite enfumées au four.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydrogénation et déshydrogénation de l'huile de ricin et de ses dérivés.* Note (¹) de M. **André Brochet**, présentée par M. A. Haller.

La récente Communication de M. Mailhe sur la décomposition catalytique de l'huile de ricin (²) m'engage à présenter les quelques résultats suivants. Lors de mes premières recherches sur l'hydrogénation des liquides, j'avais été amené à faire quelques essais sur l'hydrogénation des corps gras. La bibliographie comportait alors comme documents uniquement des textes de brevets; ce qui ressortait de la plupart, c'est que l'opération devait être faite sous pression et à une température dépassant 150° et même 200°.

Mes premiers essais portèrent sur l'huile de ricin additionnée de 10 pour 100 de nickel actif que je m'étais proposé d'hydrogéner à 150°. Je constatai le fait suivant : La pression, qui était de 11^{atm}, tomba en quelques minutes à 8^{atm}, puis remonta et j'observai une série d'oscillations du manomètre conformément au Tableau ci-dessous :

Durée.		
m s	atm	°
0. 0	11	140
4.25	8	»
5.45	$11\frac{1}{4}$	»
7. 0	$9\frac{1}{2}$	»
10. 0	11	160
0. 0	9	»
24. 0	$11\frac{1}{4}$	160

Le liquide tiède, coulé dans une capsule, dégageait en abondance de l'hydrogène dissous par le nickel sous l'influence de la pression. Le liquide avait le même indice d'iode que l'huile primitive : 86.

(¹) Séance du 12 février 1923.

(²) A. Mailhe, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 35.

Pensant que ces anomalies tenaient à la température et non au catalyseur, je refis une expérience dans les mêmes conditions, mais en commençant à la température ambiante et en chauffant progressivement.

La pression était au début de 11^{atm}. Il n'y eut aucune action jusqu'à 65°. L'absorption commença alors et sa vitesse alla en augmentant au fur et à mesure que la température s'élevait, celle-ci fut maintenue à 112°-114° jusqu'à saturation complète de l'huile, ce qui demanda environ 90 minutes. L'hydrogène absorbé correspondait sensiblement à la théorie. Après refroidissement l'appareil renfermait une masse solide présentant l'apparence de l'ébonite. Par filtration, le catalyseur fut séparé de l'hydro-huile dont le point de fusion était de 86° et l'indice d'iode de 2. Les conditions de fabrication de ce produit venaient d'être signalées par les brevets de Wilbuschewitsch et de Markel et Crosfield.

J'ai, dès cette époque, fait les remarques suivantes :

1° L'hydrogénation marche très bien avec une quantité plus faible de catalyseur (1 pour 100), mais il n'y a pas de proportionnalité entre la quantité de nickel et la vitesse d'hydrogénation.

2° Le catalyseur, conservé dans l'hydro-huile de ricin, avait au bout de 15 mois perdu toute activité, tandis qu'un catalyseur analogue conservé dans l'eau, avait encore son activité presque intégrale, vis-à-vis de l'indigo, après plus de 12 mois [1].

3° Le catalyseur noyé dans l'eau filtrée, séché, puis noyé dans l'huile, est moins actif que le catalyseur frais noyé dans l'huile directement, du fait de son agglomération [2].

Le ricinoléate de méthyle préparé par la méthode de M. Haller (Eb. 225°-227° sous 15^{mm}) s'hydrogène de la même façon que l'huile de ricin et absorbe vers 100°-105°, sous une dizaine d'atmosphères, en moins d'une heure, la quantité théorique d'hydrogène.

En se rapportant à la formule définitive de l'acide ricinoléique [3] le produit obtenu est le λ-oxystéarate de méthyle, il fond à 55° et correspond à l'acide λ-oxystéarique ou acide 12-octodécanoloïque :

$$CH^3(CH^2)^5CH(OH)(CH^2)^{10}COOH$$

fondant à 81° et excessivement peu soluble dans l'alcool et l'éther.

---

(1) A. Brochet, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 150, 1915, p. 124.

(2) A. Brochet, *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 1075.

(3) A. Haller, A. Brochet, *Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 496.

Il était vraisemblable d'admettre que les oscillations de pression observées dans la première opération devaient être dues à une série d'hydrogénations et de déshydrogénations successives, ce qu'il a été facile de vérifier. En chauffant dans un tube à essai, le mélange d'hydro-huile avec son catalyseur on constate que le liquide mousse et qu'il se dégage de l'hydrogène en abondance. Un essai a été fait sur 30^g dans un ballon de Wurtz. La fusion du produit, très mauvais conducteur de la chaleur, demande un certain temps. Elle doit être faite au bain-marie, sinon la surchauffe, au contact des parois, occasionne un dégagement gazeux avant que tout le produit ne soit fondu. En chauffant ensuite à feu nu, avec un thermomètre plongeant dans le liquide, j'ai constaté que le dégagement gazeux commence vers 150° et ai obtenu les volumes suivants :

° °	cm³
150-220	70
220-270	75
270-280	550
380-300	250
300-315	200
315-330	50

On voit donc que pour un écart de chauffe de plus de 100°, la moitié du gaz a été libérée entre 270° et 280°.

Le gaz dégagé est de l'hydrogène. La première portion s'enflamme difficilement en raison de l'air entraîné contenu primitivement dans l'appareil. Les autres portions brûlent très bien, quelquefois la flamme est éclairante sur les bords, d'une façon insignifiante. Certaines portions ont une odeur rappelant les carbures éthyléniques ou plutôt les dérivés octyliques qui se forment dans la distillation sèche de l'huile de ricin. En tout cas, il n'y a d'absorption sensible, ni par l'eau de brome, ni par la potasse caustique. Pendant la pyrogénation, il se dégage constamment, mais surtout à la fin, une petite quantité de vapeur d'eau.

Le produit obtenu finalement ne correspond pas à l'huile primitive, il est solide, mou, fond à 74° et a un indice d'iode de 20. D'ailleurs, tandis que l'huile de ricin absorbe par gramme environ 70$^{cm^3}$ d'hydrogène, la quantité de gaz dégagée par chauffage de l'hydro-huile n'a été que de 40$^{cm^3}$ par gramme environ. Il existe donc un certain désaccord entre le volume d'hydrogène dégagé et la valeur de l'indice d'iode. J'ai constaté que d'autres hydro-huiles obtenues avec certains corps gras donnaient une réaction analogue. Je n'ai pas poussé de recherches dans cette voie.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'hydratation des dialcoyléthinylcarbinols et la préparation de méthylcétones α hydroxylées*. Note de MM. **René Locquin** et **Sung Wouseng**, présentée par M. A. Haller.

La (3)-méthyl butanol-(3)-one-(2) : $(CH^3)^2 = C(OH) - CO - CH^3$, premier terme de la série des méthylcétones α hydroxylées du type général

$$RR'.C(OH) - CO - CH^3$$

est actuellement le seul représentant connu de cette série. Elle a été obtenue par différents auteurs et en particulier récemment par Scheibler et A. Fischer (¹) qui l'ont préparée par hydratation du diméthyléthinylcarbinol

$$(CH^3)^2 = C(OH) - C \equiv CH$$

au moyen des sels de mercure.

Nous venons d'avoir connaissance de la publication de ces deux derniers auteurs et c'est pourquoi nous ne voulons pas différer plus longtemps l'exposé des résultats que nous avons obtenus en soumettant à la même réaction classique des sels de mercure divers dialcoyléthinylcarbinols du type général $RR'.C(OH) - C \equiv CH$ dont nous avons décrit antérieurement le mode de préparation (²).

Nous avons reconnu que ces alcools tertiaires acétyléniques s'hydratent avec la plus grande facilité sous l'action d'une solution de sulfate acide de mercure et conduisent ainsi normalement aux méthylcétones α hydroxylées correspondantes du type général $RR'.C(OH) - CO - CH^3$.

La transformation est même tellement vive qu'elle se déclare brusquement dès que la température s'élève au-dessus de celle de la chambre et que, si l'on n'y prend garde, la majeure partie du produit peut être projetée hors du ballon en même temps qu'il se forme d'abondants goudrons.

Le mode opératoire suivant évite tout ennui, et permet, quand on dispose des alcools acétyléniques fondamentaux, de préparer les oxycétones correspondantes avec une surprenante rapidité et avec des rendements quantitatifs :

Le dialcoyléthinylcarbinol est agité, dans un ballon qu'on refroidit sous un courant d'eau, avec environ 4 fois son poids d'une solution contenant 200^g d'acide sulfurique concentré et 30^g d'oxyde de mercure pour 1^l d'eau (réactif de Denigès). Il se produit immédiatement un abondant précipité blanc qui bientôt se fluidifie, formant

(¹) *Berichte D. ch. G.*, 16 septembre 1922, p. 2903.

(²) R. Locquin et Sung Wouseng, *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1427.

ainsi une couche huileuse plus ou moins dense. On verse le tout dans un décanteur et l'on sépare rapidement cette couche huileuse qu'on met momentanément de côté dans un vase entouré d'eau glacée. Quant à la solution aqueuse acide, on la chauffe dans un ballon surmonté d'un réfrigérant à reflux et d'un entonnoir à robinet. Quand elle entre en ébullition, on lui ajoute goutte à goutte la couche huileuse précédemment séparée en évitant que cette dernière ne se réchauffe dans l'entonnoir à robinet. Chaque goutte en tombant produit le bruit que produirait une goutte d'acide sulfurique concentré. La chaleur dégagée par la réaction serait suffisante pour entretenir l'ébullition, mais il est plus prudent de ne pas retirer complètement le feu pour éviter que celle-ci ne s'arrête et ne reparte trop violemment ensuite. Dès que la dernière goutte est ajoutée, on peut considérer l'opération comme terminée, car l'hydratation est immédiate et s'accompagne d'un dépôt de mercure finement divisé, plus ou moins émulsionné. On n'a plus qu'à soumettre la masse à l'action d'un courant de vapeur d'eau qui entraîne l'α-oxycétone formée qu'on isole et rectifie.

Quand il s'agit de composés difficilement volatils à cause de leur poids moléculaire élevé, on se débarrasse de la bouillie mercurielle par un lavage avec de l'acide chlorhydrique en solution suffisamment concentrée et légèrement tiède, puis on extrait à l'éther.

C'est ainsi qu'en partant : 1° du diéthyléthinylcarbinol; 2° du dipropyléthinylcarbinol; 3° du méthyltertbutyléthinylcarbinol; 4° du méthylnonyléthinylcarbinol et enfin 5° de l'éthinyl (1)-cyclohexanol (1), qui dérive lui-même de la cyclohexanone et qui bout à 74°-76° sous 15^{mm}, nous avons respectivement :

1° L'*éthyl*-(3)-*pentanol*-(3)-*one*-(2) : $(C^2H^5)^2C(OH) - CO - CH^3$ (Éb$_{13^{mm}}$, 56°-57° et 163°-165° à pression ordinaire; D_4^{11}, 0,9353; N_{11}^D, 1,4303; R_m obs., 35,91; calc., 36,06) qui donne une oxime (Éb$_{13}$, 116°-118°), une semi-carbazone (P. F., 155°-156°) et un acétate (Éb$_{12}$, 87°-90°); la semicarbazone de cet acétate fond à 145°-146°.

2° La *propyl*-(3)-*hexanol*-(3)-*one*-(2) : $(C^3H^7)^2C(OH) - CO - CH^3$ (Éb$_{14}$, 86°-88° et 195° à pression ordinaire; D_4^{11}, 0,9124; N_{11}^D, 1,4343; R_m obs., 45,12; calc., 45,29) qui donne une oxime (Éb$_{11}$, 134°-135° et P. F., 67°), une semicarbazone (P. F. 163°) et un acétate (Éb$_{13}$, 107°-109°).

3° La *tert.butyl*-(3)-*butanol*-(3)-*one*-(2) : $(CH^3)^3C - C(CH^3)(OH) - CO - CH^3$ (Éb$_{14}$, 70°-72° et 177° à pression ordinaire; D_4^{11}, 0,9388; N_{11}^D, 1,4442; R_m obs., 40,74; calc., 40,68) qui donne un oxime (Éb$_{12}$, 124°; P. F., 67°-68°) et une semicarbazone fondant à 193°-194°.

4° La *nonyl*-(3)-*butanol*-(3)-*one*-(2) : $C^9H^{19} - C(CH^3)(OH) - CO - CH^3$ (Éb$_{12}$, 146°-147°; D_4^{11}, 0,8941; N_{11}^D, 1,4472; R_m obs., 63,95; calc., 63,76) dont la semicarbazone fond à 131°-132°.

5° L'*acétyl*-(1)-*cyclohexanol*-(1) : $C^5H^8 - C(OH) - CO - CH^3$ (Éb$_{11}$, 91°; D_4^{11}, 1,1033; N_{11}^D, 1,4726; R_m obs., 38,49; calc., 38,48) donnant une oxime (Éb$_{11}$, 146°-147°; P. F., 94°-95°) et une semicarbazone (P. F., 217° sur le mercure).

Toutes les oxycétones ci-dessus mentionnées se présentent sous l'aspect de liquides incolores et mobiles. Leur odeur rappelle un peu celle de la cétone prise comme point de départ dans la préparation du dialcoyléthinylcar-

binol dont elles dérivent. L'hypochlorite de soude les scinde en chloroforme et acide α hydroxylé. Leurs constantes réfractométriques et surtout leurs différents dérivés établissent nettement l'existence des deux fonctions alcoolique et cétonique sous leur forme normale. Cependant, en raison de leur voisinage, ces deux fonctions s'influencent mutuellement et leur capacité réactionnelle respective est en quelque sorte diminuée. En particulier la fonction alcool-tertiaire ne s'éthérifie qu'avec peine et se déshydrate encore plus difficilement.

Les oxycétones du type en question sont évidemment susceptibles de se prêter à un grand nombre de transformations. Nous n'avons pas cherché à les condenser avec les aldéhydes, mais nous avons déjà soumis la plupart de celles que nous avons eues entre les mains à l'action des agents déshydratants et à l'action des organomagnésiens. Les résultats de ces expériences seront publiés incessamment.

GÉOLOGIE. — *Observations stratigraphiques sur l'Oxfordien et le Lusitanien en certains points de la chaîne Celtibérique (Espagne).* Note de M. **Henry Joly**, présentée par M. Pierre Termier.

Les observations stratigraphiques que j'ai pu recueillir en étudiant la Tectonique de la chaîne Celtibérique me permettent d'ajouter quelques documents nouveaux à ce qui a été publié jusqu'à présent sur la constitution du Jurassique supérieur de cette chaîne de montagnes.

I. — *Oxfordien et Lusitanien. Région d'Albarracin.*

On observe, à Géa de Albarracin, des affleurements des couches oxfordiennes et lusitaniennes qui, d'après M. Dereims, présentent en gros la constitution suivante de haut en bas :

3. Marnes épaisses de 12^{m} environ, passant aux calcaires rauraciens, et contenant *Trochus impressæ* Quenst., des Ammonites ferrugineuses (*Oppelia*, *Perisphinctes*) et des Ammonites du groupe de *Ochetoceras canaliculatum*.

2. Masses assez puissantes de calcaires souvent blanchâtres avec nombreuses variétés de *Perisphinctes plicatilis* associées à *Ochetoceras canaliculatum* v. Buch., *Oppelia arolica* Oppel, *Perisphinctes lucingensis* E. Favre, et de nombreux Spongiaires indéterminables.

1. Calcaire oolithique de $0^{m},50$ avec *Belemnites hastatus* Blainv., et

Phylloceras tortisulcatum D'Orb., et des *Perisphinctes* du groupe de *Backeriae* Sow.

Poursuivant surtout des études tectoniques, le temps m'a manqué pour examiner à fond la faune de ces différentes assises, mais j'ai pu recueillir un certain nombre d'Ammonites calcaires à Géa, dans un lit intéressant à signaler qui se trouve à la partie tout à fait supérieure de l'assise calcaire moyenne, immédiatement en dessous des marnes supérieures à Ammonites pyriteuses. Ce niveau m'a fourni, outre des Spongiaires, des Crinoïdes, des Bélemnites et des Bivalves, les Ammonites suivantes : *Peltoceras Constanti* D'Orb., *Quenstedticeras* sp., *Perisphinctes Fontannesi* Choffat, *Per. Tizianiformis* Choffat, *Per. Tiziani* Opp. var. *occidentalis* Choffat, *Per. janus* Choffat, *Œkotraustes Kobyi* De Loriol, *Hecticoceras* cf. *Salvadorii* Parona et Bonarelli, *Ochetoceras Marantianum* D'Orb., *Oppelia Rollieri* De Loriol, *Opp. inconspicua* De Loriol, *Neumayria* sp.

Cette riche faune présente la particularité de renfermer *Ochetoceras Marantianum* D'Orb. qui annonce par conséquent une des zones supérieures du Lusitanien, celle à *Peltoceras bicristatum*.

Ainsi, en ce point, les couches de Birmensdorf (à *Ochetoceras canaliculatum*) se terminent, à la partie supérieure, par des couches à *Ochetoceras Marantianum* et *Perisphinctes Tiziani* du Lusitanien moyen.

II. — *Extension et constitution du Lusitanien dans la région de la Almunia* (Nord de Calatayud).

Comparant le Jurassique supérieur de la province de Teruel avec celui des régions voisines, M. Dereims constate que, vers le Nord-Ouest, les étages du Jurassique supérieur sont inconnus; cependant, Donayre, en 1874 [1], signalait à Ricla des fossiles de l'Oxfordien.

J'ai été assez heureux pour observer, non loin de Ricla, sur la route de Calatayud à Saragosse entre El Frasno et la Almunia, à la descente de la route, une très bonne coupe du Jurassique supérieur, coupe qui peut d'ailleurs être complétée à 1000^{m} environ au sud de Ricla même. La succession des couches observées est la suivante, du sommet de la route jusque vers le bas de la descente :

8. Schistes siluriens.

---

(1) Donayre, *Descr. de la prov. de Saragosse* (*Mem. Com. Mapa geol. de España*, t. 1).

7. Conglomérats tertiaires en discordance sur les schistes siluriens.
6. Traces de marnes bariolées.
5. Calcaires gris et calcaires gréseux à la base.
4. Calcaires marneux passant aux marnes de la base.
3. Argiles lusitaniennes à ammonites pyriteuses.
2. Calcaires et marnes à bancs noduleux (couches à Scyphia).
1. Calcaires gris-noirâtre en gros bancs sans fossiles.

L'assise 4 renferme d'abondants exemplaires de radioles de *Pseudocidaris mammosa* Agass., associés à *Terebratula subsella* Leymerie, espèce indiquant nettement, sinon le Kimméridgien franc, du moins la base du Kimméridgien ou le Séquanien.

L'assise 3 a donné des Ammonites pyriteuses très petites que l'on peut difficilement déterminer : *Macrocephalites Greppini* De Loriol, *Oppelia Rollieri* De Loriol, *Opp. Richei* De Loriol, *Perisphinctes bernensis* De Loriol.

Quant à l'assise 2, sa faune, très riche en Ammonites et en Spongiaires, est nettement celle de Birmensdorf : *Perisphinctes plicatilis* Sow., *Per. lucingensis* E. Favre, *Per. bernensis* De Lor., *Per. janus* Choffat, *Ochetoceras Henrici* D'Orb., *O. hispidum* Oppel, *O. canaliculatum* v. Buch., *Oppelia inconspicua* De Loriol, *Peltoceras athleta* Phillips, *Pelt.* sp., *Hecticoceras* cf. *Salvadorii* Parona et Bonarelli.

La présence, à la Almunia, du Lusitanien tout entier est très nette; le Kimméridgien inférieur peut, lui-même, exister; sa présence serait indiquée par *Terebratula subsella*. Enfin, le passage au Crétacé, avec ou sans lacune, se trouve annoncé, sinon représenté par les marnes bariolées de l'assise 6 de la succession précédente.

Il m'est donc possible d'affirmer que, en Aragon, les mers du Jurassique supérieur étaient beaucoup plus étendues qu'on ne le pensait, et formaient un vaste golfe pénétrant largement vers le Nord-Ouest. Nos observations, relatées ci-dessus, reportent en effet à plus de 100^{km} au Nord la limite d'extension du Jurassique supérieur; les points extrêmes d'affleurements de ce système signalés antérieurement étaient : 1° dans la *Celada grande*, à la *Muela de San Juan* (environs de la source du Tage), à 64^{km} à vol d'oiseau au sud de Calamocha, soit à 128^{km} au sud de la Almunia; 2° à la Sierra Palomera, à 36^{km} au sud-est de Calamocha.

GÉOLOGIE. — *Les grandes nappes provençales de l'Audibergue et du Cheiron (Alpes-Maritimes).* Note de MM. **Léon Bertrand** et **Antonin Lanquine**, présentée par M. Pierre Termier.

Dans une Note précédente (¹), nous avons exposé les résultats de nos récentes études sur le prolongement des *duplicatures* provençales au-dessous de la nappe du Cheiron et sur la succession de ces séries jurassiques empilées dans l'énorme fenêtre de la moyenne vallée du Loup. Nous avons montré leur extension dans le versant droit de la vallée du Var, entre le confluent de l'Estéron et les environs de Saint-Jeannet. Dans cette région, en effet, l'érosion du Var met en évidence une coupe transversale continue des successions étudiées sur une longueur de 12^{km} et une hauteur d'environ 60^{m}.

Il importe maintenant de suivre et de préciser la continuité des deux unités tectoniques les plus hautes en se dirigeant vers l'Ouest et le Sud-Ouest, à partir du front de la nappe du Cheiron.

Nappe du Cheiron; partie septentrionale. — Rappelons que la charnière frontale du Cheiron, rencontrée à la traversée du Var, au voisinage du pont Charles-Albert, passe par Gilette, puis se poursuit immédiatement au sud des villages des Ferres et de Conségudes pour aboutir à la belle charnière anticlinale de Végay, nettement tournée au Nord. Elle passe ensuite au Sud du hameau des Sausses et du ruisseau du col des Lattes, comme l'un de nous l'a indiqué (²). Sur toute cette longueur, les calcaires du Jurassique supérieur présentent une parfaite continuité et une constance de déversement au Nord, qui se poursuit sur la feuille de Castellane jusqu'aux environs du Mousteiret (³).

D'ailleurs, à partir du méridien de Végay, le Jurassique de la montagne du Cheiron se divise en deux branches séparées par une dépression synclinale occupée par le Crétacé qui, depuis le Plan du Peiron, se poursuit par Thorenc et La Ferrière jusqu'au delà du Val de Roure.

Un accident secondaire, dû à une répercussion alpine, recourbe les calcaires jurassiques du bord méridional de la digitation nord (montagne de Thorenc, montagne de Bleine) en une charnière anticlinale tournée au Sud

(¹) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 399.
(²) Cf. Antonin Lanquine, *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1024.
(³) Cf. W. Kilian et Antonin Lanquine, *Comptes rendus*, t. 161, 1915, p. 93.

qui entraîne un chevauchement sur le Crétacé. Quant à la digitation méridionale, prolongement direct de la montagne du Cheiron, elle présente une disposition analogue sur son bord sud, au-dessus de Coursegoules, de Gréolières, d'Andon et de Caille. Un fossé crétacé continu se suit depuis les environs de Bezaudun jusqu'à Caille et Séranon, séparant les escarpements jurassiques méridionaux de la nappe du Cheiron, à laquelle ce Crétacé appartient tectoniquement, du front de la nappe de l'Audibergue. Sur cette seconde zone crétacée se montrent quelques îlots alignés de Jurassique qui résultent de complications secondaires probablement en relation avec l'avancée du front de la nappe supérieure vers le Nord. Cette avancée a pu déterminer également la charnière tournée au sud des calcaires jurassiques du Haut Cheiron, disposition accentuée plus tard par les répercussions alpines.

Nappe de l'Audibergue ou nappe supérieure. — La superposition de cette nappe supérieure à la précédente est évidente dans la région du Broc, comme nous l'avons indiqué. Cette unité comprend les hauts plateaux jurassiques qui s'étalent au sud de ce village, puis de Bezaudun, de Coursegoules, de Cipières et, plus à l'ouest, après la traversée de la partie supérieure dirigée N-S des gorges du Loup, jusqu'aux confins des feuilles de Nice et de Castellane.

A l'ouest de Cipières, la montagne du Gros Pounch présente une disposition anticlinale plongeant au Nord et s'enfonçant dans le Cénomanien de la nappe précédente. A Cipières même, une lame jurassique, isolée entre deux bandes crétacées, forme, au-dessous de cette charnière, une sorte d'écaille analogue aux autres lambeaux jurassiques de la haute vallée du Loup.

La nappe supérieure, dont la largeur atteint 8^{km} environ entre le Var et le Loup, se réduit ensuite à l'ouest de ce torrent, montrant simplement de larges ondulations des Calcaires Blancs et de l'Oolithique moyen. Cependant un pli, plus important que les autres, fait apparaître le Trias et le Rhétien, avec ses lignites bien connus, à Vescagne. Cet accident aigu qui présente un chevauchement bien caractérisé vers le Nord et une direction WSW-ENE est donc, nettement, un repli secondaire, pyrénéo-provençal, de la nappe.

Par contre, à la traversée de la vallée du Loup, plusieurs plis dans lesquels apparaissent des axes de Trias gypseux ont une direction NW-SE et un sens de chevauchement vers le SW qui leur donnent nettement un caractère de répercussion alpine. Il en est de même pour un petit chevau-

chement local dans la montagne de Courmettes et pour les replis secondaires bien visibles au nord de Vence.

Le bord méridional de cet important témoin de la nappe supérieure que nous avons déjà vu couronner les séries inférieures sur la rive droite du Var, entre le Broc et Saint-Jeannet, puis jusqu'au-dessus de Tourrette, passe par Courmettes, le village de Courmes et traverse le Loup. Il forme ensuite la falaise jurassique très caractérisée du Collet de Rougiés, de la montagne de Caran, du signal d'Andon. Cet abrupt domine la dépression crétacée de Caussols et de Canaux et atteint la route de Grasse à Castellane à 3^{km} au delà d'Escragnolles.

Nappe du Cheiron; partie méridionale. — Le Crétacé dont il vient d'être question présente les plus grandes analogies avec celui qui existe soit à Thorenc, soit au front de la nappe du Cheiron. C'est effectivement la réapparition, sous le bord méridional de la nappe de l'Audibergue, du Crétacé du Cheiron. Son soubassement jurassique, largement développé à Caussols jusqu'au revers sud du Ferrier, se poursuit à l'Ouest par la montagne de Thiey et au-dessus d'Escragnolles. Ensuite, après une petite dislocation transversale, il s'étale de nouveau dans la montagne de Bliauge, à 4 ou 5^{km} au nord de Mons (sommets cotés 1376 et 1394).

A la traversée du Loup, cette série qui domine au Nord le village de Gourdon vient s'écraser sous la nappe supérieure, en donnant seulement une zone épaisse de broyage intense qui se dirige sur Courmes. Nous avons déjà montré qu'à partir de ce point, dans les régions de Vence, de Saint-Jeannet, jusqu'au Broc, le long de la vallée du Var, la nappe du Cheiron se réduit à une série jurassique inférieure très laminée, partout où la nappe de l'Audibergue la surmonte. Ce n'est qu'au front de cette dernière que la série du Cheiron reprend sa constitution normale. Elle s'y montre superposée, comme sur son bord méridional, à la plus élevée des *nappes enracinées* que nous avons autrefois désignées sous le nom de *duplicatures*.

GÉOLOGIE. — *La structure actuelle des Vosges primaires. Application à l'ensemble des Vosges d'observations faites surtout au nord de la vallée de Villé.* Note de M. **E. Schnæbelé**, présentée par M. Pierre Termier.

L'étude de la structure des Vosges primaires est à peine commencée. On sait que des mouvements tectoniques très anciens ont remanié les Vosges

avant le Dévonien moyen. L'étude du Dévonien permet d'observer la fin de ces mouvements encore pendant la durée du Dévonien moyen. Le plissement postérieur (hercynien), qui est très accentué dans la partie méridionale des Vosges, ne peut pas être suivi sous forme de plis dans le massif granitique du Champ du Feu.

L'hypothèse que les gneiss et les granites au sud de la vallée de Villé ont été pris ensemble dans les plis hercyniens a été récemment émise [1]. La région du Champ du Feu étant dépourvue de gneiss, ce moyen de vérifier l'hypothèse du plissement des granites nous manque. Et aucune autre observation n'a livré dans notre région jusqu'ici des preuves en faveur d'un plissement du granite. Il semble plutôt que, le granite formant arrêt, une première étape du plissement hercynien n'a pas réussi à vaincre ce contrefort granitique, mais qu'il a provoqué un morcellement des massifs en un paquet de blocs plus ou moins parallèles allongés dans la direction N 20-30° W. C'est sur ces cassures, qui traversaient aussi bien les roches éruptives que leur enveloppe métamorphisée de schistes de Steige, qu'un nombre très grand de filons éruptifs furent injectés. D'autres cassures non remplies de matière éruptive jouent le rôle de failles, les plus anciennes qu'on puisse suivre sur le terrain.

On sait que les schistes de Villé sont limités au Sud par un contact tectonique (*Grenzzone* en partie). Dans la direction générale de cet accident alternent les directions N 70-80° E, N 70-80° W, N 30-40° E avec N 20-30° W. Ces mêmes directions se retrouvent au nord des schistes de Villé qui (jusqu'à la limite actuelle de nos levés) ne sont nulle part en contact normal avec les schistes de Steige leur succédant vers le Nord. Ces directions tectoniques coupent quelques filons éruptifs qui traversent les schistes de Steige. Elles sont donc nettement plus jeunes que la direction N 20-30° W et nous représentent la deuxième étape du plissement hercynien, où les plis ont été arrêtés par le contrefort granitique. Plus au Nord, la résonance de ce mouvement brusque se fait sentir, par de nombreuses failles qui ont précisément les trois directions.

Les systèmes énumérés sont coupés par les failles d'une direction moyenne N-S, parallèles aux flancs du fossé rhénan; il s'agit là de failles d'âge tertiaire. Ces failles, suivies en détail, se composent de différentes directions distinctes et alternant les unes avec les autres, telles la direc-

---

(1) Jung, *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 1377.

tion N 20° E, N 20° W et la direction N-S proprement dite, qui est relativement rare. D'autre part, la direction N-S est ancienne et se trouve dans des filons éruptifs; ceci sera à discuter prochainement.

Il était d'usage de considérer le fossé rhénan comme un phénomène limité à une zone relativement étroite. M. Bücking a tracé, en 1917, pour notre région, la dernière cassure vers l'Ouest, le long du granite de Barr-Andlau, s'en allant ensuite vers Willerhof-Kagenfels-Heidenkopf-Urmatt. Nos levés, par contre, ont démontré que cette faille, en réalité, n'est pas une simple droite, mais toute une zone faillée de $1^{km},5$ de large qui se joint à partir du Willerhof à une seconde zone faillée encore bien plus importante que nous appellerons *zone de Hohwald-Neuntestein*. Les deux forment ensemble un large champ de fractures analogue à ceux de Guebwiller ou de Wasselonne-Saverne.

L'alignement tertiaire N-S se compose de plusieurs directions. Il est surprenant qu'on obtienne l'alignement général de ce phénomène prépondérant en combinant la direction N 20-30° W et la direction N 30-40° E, ou les deux directions N 70-80° W et 70-80° E. La nouvelle direction en résulte comme diagonale suivant le parallélogramme des forces. D'ailleurs le levé sur le terrain a donné maint exemple qu'une cassure postérieure se produit suivant la diagonale du parallélogramme de deux directions antérieures. Il faut imaginer que des tensions dans les deux directions anciennes se sont déclenchées d'un coup.

L'étude des collines prévosgiennes recouvertes de sédiments secondaires ou tertiaires nous révèle tout l'ensemble de nos failles; par suite du morcellement du soubassement, ces vieilles directions ont rejoué et rejouent encore dans les mouvements tectoniques. On n'y trouve aucune direction de faille qui ne concorde pas avec le système établi ci-dessus.

Les plissements antédévoniens et dévoniens ne se trahissent qu'à l'étude détaillée d'une série de roches anciennes. L'influence des plissements hercyniens a reparu par l'effet de l'érosion consécutive à l'effondrement de la vallée du Rhin et a déterminé les directions d'un certain nombre de cours d'eau. Mais les traits principaux dans la structure actuelle des Vosges sont des traits tertiaires : non seulement l'abrupt vers les plaines, mais aussi les champs de fractures. Ceux-ci, limités par des bandes allongées de montagnes, donnent aux Vosges un faux aspect de chaîne.

Nous avons classé les phénomènes tectoniques (ou au moins les directions de leurs limites) suivant leur âge. Il est clair que les mouvements transversaux des anciennes époques ont été suivis à partir de l'âge hercy-

nien par des mouvements verticaux qui peu à peu ont pris la prédominance. Appliquons ces résultats à l'ensemble des Vosges.

Les plis des terrains primaires sont antédévoniens, dévoniens et hercyniens. C'est le plissement hercynien surtout qui a causé la direction générale N-E et cela dans l'ensemble des Vosges. Ce que M. Jung désigne dans sa Note par *larges ondulations transversales*, ce sont en réalité les cassures perpendiculaires aux plis anciens. Par contre, tout phénomène (de cassure aussi bien que de broyage, voire les brèches de friction du Muschelkalk, près Truttenhouse) de direction parallèle au fossé rhénan doit forcément être considéré comme phénomène tertiaire, notamment la grande zone de broyage de Sainte-Marie-aux-Mines jusqu'au Collet et au delà. N'est-il pas significatif qu'on tombe sur cette zone en poursuivant la limite ouest du champ de fractures de Neuntestein-Howald vers Villé, à peu près à la même distance de l'abrupt rhénan? Elle est assez large et caractérisée par deux parallèles : la ligne Côte de Sainte-Marie-Col du Bonhomme-Luschbach, et la ligne Col Haïcot-Brézouard-Faurupt-village de Bonhomme. En plus, la zone a les traits d'un champ de fractures : la crête prononcée formant la limite entre deux dépressions et, vers l'Est, suivie de la troisième cassure parallèle et tertiaire (rejetant du grès vosgien) : Aubure-Lapoutroie-Grand-Faudé-Matrelle-Pairis.

Nous sommes donc, contrairement à l'opinion de M. Jung, de l'avis que la forme en S qu'il applique à la structure hercynienne des Vosges est une forme à la fois antédévonienne, dévonienne, hercynienne et, dans la partie médiane, surtout tertiaire. La forme réellement hercynienne semble être un système de plis parallèles, dévié dans le sud des Vosges, mais qui suit aussi dans la partie médiane la direction générale des gneiss, allant du Brézouard à Bergheim, ou la direction des schistes de Villé et de Steige, c'est-à-dire la direction N-E.

ANTHROPOLOGIE. — *Sur la position géologique des ateliers néolithiques de la forêt de Montmorency*. Note de M. **L. Giraux**.

Dans une Note récente [1], M. L. Franchet a signalé la découverte, dans la forêt de Montmorency, de plusieurs ateliers néolithiques campigniens ou précampigniens dans lesquels nous poursuivons des fouilles, en collabo-

[1] *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 255.

ration, depuis un an et demi. Cette industrie préhistorique, exclusivement en grès, nous a fourni un outillage tout à fait nouveau, dont M. L. Franchet a donné une description sommaire.

Ayant été amené ainsi à étudier la géologie de la forêt au point de vue qui nous occupe, j'ai pu faire des constatations relatives à la position des ateliers.

La forêt de Montmorency recouvre une butte formée par les terrains tertiaires et dont l'altitude la plus élevée correspond à la cote 195. L'orientation générale est NO-SE. Une dépression profonde ayant exactement la même orientation sépare la forêt en deux parties à peu près égales. La route de Saint-Leu à Chauvry coupe perpendiculairement la forêt et forme la ligne de partage des eaux qui se déversent d'un côté, à l'Ouest, dans l'Oise, et de l'autre côté, à l'Est, dans la Seine.

La coupe géologique de la butte de Montmorency donne la succession suivante : le gypse, les marnes vertes, les marnes à huîtres, les sables de Fontainebleau, les meulières de Montmorency.

L'allure de ces couches est à peu près horizontale dans le sens NO-SE; elles s'inclinent légèrement vers la Seine dans la direction NS; le niveau d'eau est à la base des sables de Fontainebleau, au contact des marnes à huîtres et un certain nombre de sources existent tout autour de la butte, ainsi que sur les pentes de la dépression intérieure.

Les populations néolithiques ont donc trouvé en ce point tous les éléments nécessaires à leur existence : la forêt leur procurait le gibier; deux grands cours d'eau, la Seine et l'Oise, leur permettaient de se livrer à la pêche sans grand déplacement, des sources nombreuses leur donnaient l'eau vive qui leur était nécessaire, la situation élevée de la forêt les mettait à l'abri de toute surprise ou de toute attaque imprévue. Si l'on considère, en outre, que la matière la plus précieuse alors, la pierre, émergeait, sous la forme d'épais bancs de grès, sur les flancs de la butte et leur permettait de pouvoir fabriquer les armes dont ils avaient besoin pour se défendre et pour chasser, ainsi que les instruments qui leur étaient nécessaires, soit pour cultiver la terre, soit pour travailler le bois, on peut en conclure que les hommes s'y fixèrent et que leurs descendants durent y séjourner pendant un temps fort long.

En ce qui concerne la position des ateliers, j'ai tout d'abord étudié la station de la Butte du Prieuré. Cette butte se trouve à la ligne de partage des eaux : c'est en raison de ce fait que ce point a résisté à l'érosion et que les quelques blocs de grès qui se trouvaient à la partie supérieure l'ont

protégé contre la dénudation produite par les eaux pluviales. Ce sont donc ces blocs de grès que les néolithiques ont exploité à la place même où ils étaient restés. L'altitude de la partie supérieure de la butte étant de 190^m, la couche de grès était donc à environ 185^m.

Cette observation est d'autant plus intéressante que l'horizon des sables de Fontainebleau se trouvant compris entre les cotes 150 à 185, les bancs de grès devaient donc se rencontrer à la partie supérieure, c'est-à-dire entre 175^m et 185^m. C'est en partant de ce principe que j'ai entrepris mes premières recherches qui m'ont conduit, en juin 1921, à la découverte d'un atelier situé à l'est de la butte du Prieuré et qui se trouve exactement à la cote 182.

Quant aux ateliers trouvés en 1886 par M. L. Franchet, ils se trouvent à la cote 175 : ce sont ceux situés dans la partie est de la forêt.

Poursuivant nos recherches dans la partie ouest, et toujours en nous basant sur l'altitude des couches, nous avons découvert, près du village de Béthemont, un autre grand atelier dont nous avons, par des sondages, vérifié l'existence sur une longueur de 300^m à 400^m et qui couvre une étendue d'environ deux hectares. Dans le village même, nous avons reconnu la présence de grès taillés, ainsi qu'en plusieurs points sur le flanc du coteau et sur le plateau, notamment à l'extrémité du parc de Béthemont, près de l'angle du mur d'enceinte. A 40^m environ, et sur le rebord du plateau, des tranchées ont été faites pendant la guerre et, dans les terres rejetées pour former les talus, nous avons constaté la présence de nombreux outils taillés, en grès. Cet atelier se trouve exactement à la cote 180.

Enfin M. L. Franchet et moi, avons acquis la certitude, par des sondages répétés, que d'autres ateliers, moins importants il est vrai, existent entre celui de Béthemont et la route de Saint-Leu à Chauvry car, en différents points, et toujours à la même altitude, nous avons constaté la présence d'éclats et de déchets de taille. Dans presque tous ces points, les meulières qui couronnent le plateau ont glissé sur les pentes et ont recouvert les bancs de grès; il est donc nécessaire de faire des sondages à travers cette couche de meulières déplacées pour arriver au niveau des grès qui ont été exploités par les néolithiques.

Conclusions. — Par nos recherches méthodiques, nous avons pu constater : 1° que les néolithiques ont établi leurs ateliers de taille aux points mêmes où affleuraient les bancs de grès sur les pentes des vallées; 2° que ces ateliers existent sur toute la longueur de la forêt depuis Béthemont, à l'Ouest, jusqu'à Piscop et Domont, à l'Est, soit environ sur 8^{km} et qu'ils sont tous situés à une altitude moyenne de 180^m.

BOTANIQUE. — *Sur les rapports existant entre le développement des rouilles du blé et le climat.* Note de M. J. **Beauverie**, présentée par M. L. Mangin.

Il s'agit d'observations comparatives faites en 1921 et 1922 en pleins champs ou au jardin d'étude sans l'aide de la méthode expérimentale qui eût été nécessaire pour leur donner plus de précision. Nous entendons par là les contaminations artificielles par les spores des trois rouilles du blé cultivées sur plantules, les buissons de Berberis, etc., assurant une contamination certaine de tous les pieds. Nous sommes cependant assuré qu'une large contamination fut permise du fait que nous avons constaté la présence des trois rouilles. Ces observations, poursuivies en Limagne et dans notre Jardin sur une cinquantaine de variétés, ne fournissent que des indications et deviendront plus utiles si on les poursuit plusieurs années encore en les comparant avec les diagrammes d'observations météorologiques, et notamment celles qui concernent les précipitations atmosphériques. Cependant, les conditions des années 1921 et 1922 ont été tellement opposées qu'elles peuvent permettre des conclusions intéressantes sur les variations respectives de *Puccinia graminis*, *P. glumarum* et *P. triticina*, suivant les conditions climatériques.

En effet, nous notons, dans les environs de Clermont, durant les quatre décades précédant l'épiage (*période critique*), mai et première décade de juin, les précipitations suivantes :

1921 : $22^{mm},2$, $60^{mm},9$, $65^{mm},6$, $12^{mm},6$ pour la plaine (les chiffres sont plus élevés pour le Plateau et la montagne) ; ensuite, la *sécheresse est absolue* jusqu'aux moissons;

1922 : $4^{mm},5$, $20^{mm},1$, $0^{mm},43$ pour la plaine (chiffres plus élevés pour la montagne); ensuite, le temps se maintient avec des précipitations fréquentes et assez abondantes.

Or, que voyons-nous au point de vue des rouilles du blé? en 1921, le *P. glumarum* sévit abondamment au début de la végétation, pendant la période humide que nous signalons ; ensuite, avec la sécheresse, *P. triticina* se développe et se maintient avec une intensité moyenne jusqu'à la récolte, mais on constate une absence très remarquable de *P. graminis*.

En 1922, *P. glumarum* se manifeste plus faiblement durant la première phase de la végétation, il se maintient ensuite sur les jeunes pousses; *P. triticina* apparaît un peu après lui et se maintient avec une assez faible

intensité; quant au *P. graminis*, il apparaît un peu après les deux précédents, mais, il prend le dessus au fur et à mesure qu'on approche de la récolte.

On peut donc conclure : A. que les rouilles du blé se succèdent dans le temps dans l'ordre suivant de dominance : 1° *P. glumarum*, 2° *P. triticina*, 3° *P. graminis*; B. *P. glumarum* est surtout la rouille de la première phase de la végétation du blé et celle des repousses, *P. triticina* est surtout la rouille des années sèches, *P. graminis* est la rouille des années humides. Comme on sait, cette dernière rouille est de beaucoup la plus fâcheuse au point de vue du rendement, les deux autres ne le sont pas autant, du moins sous nos climats.

Ces conclusions cadrent avec ce qui se passe sous divers climats : dans les contrées sèches des États-Unis c'est *P. triticina* qui domine, tandis que *P. graminis* est rare, mais devient très nuisible quand l'eau météorique le favorise.

Résumons maintenant nos observations sur la sensibilité aux rouilles des diverses variétés que nous avons cultivées. Sans doute, il y aurait eu lieu d'apporter plus de précision dans l'expression de ce caractère, par exemple en notant suivant une cote de 1 à 5 la surface couverte par les taches; cependant nos observations conservent une valeur comparative.

Variétés très résistantes : Kanred CI. 5146, pas de traces de rouilles en 1922. C'est une lignée d'un blé dur d'hiver de Crimée, dans le commerce des États-Unis depuis 1916, recommandée entre toutes les variétés dans les régions à blés durs des États-Unis. Résistant vis-à-vis de certaines formes, il est sensible à d'autres (Stakman, Levine, Leach et Peineisel); celles-ci manquaient vraisemblablement dans nos cultures. Ce pourrait être un matériel de croisement intéressant. Notons encore : *T. monococcum*, C. Strampelli, Victoria. Quant au *dicoccum*, généralement très résistant, il s'est laissé envahir.

Assez résistantes [1] : Hybride inversable, H. des alliés, H. de la Paix, Dattel, Riéti, Nonette de Lausanne, Poulard d'Auvergne, Rouge de Bordeaux, blé d'Australie, blanc des Flandres, Chiddam d'automne à épis rouges, Altkirch, Marquis, Cosgrave, Soleil Extra-Squarehead (1921, v. de Svalöf réputée sensible en Suède).

Sensibles : *T. spelta* (à *P. triticina* seulement), Saumur d'automne, les blés de Svalöf (Fylgia, Pansar, Wilhelmina, Thule, Pansar II, Extra-Squarehead II, Extr.-Sq. III), ils ne subissent, en 1921, que l'invasion tar-

(1) Sans ordre de classement.

dive du seul *triticina*, résistance à *glumarum* qui était sur des pieds voisins de blés différents. Extra.-Sq. II et Pansar sont les plus atteints.

Très sensibles : Bordier, Japhet, gros bleus, les poulards dits Taganrock en Auvergne (particulièrement à *P. glumarum* et à *P. triticina*. La qualité de résistance attribuée aux poulards ne se vérifie pas en Auvergne. Il faut admettre qu'il existe dans les différents pays des lignées de Poulards ± résistantes ou bien des races de rouilles ± virulentes ou les deux associées. Les poulards sont résistants en Angleterre (Percival), sensibles au Maroc (Miège) et en Auvergne par exemple; *T. polonicum* (*P. glumarum*, 1921); Kubanca, ce blé dur est cultivé en terres sèches aux États-Unis où il donne de très forts rendements et se signale par sa résistance aux rouilles. Suivant une règle assez générale, ce blé transporté sous climat plus humide a été vivement attaqué (par *P. glumarum* surtout).

Variétés les plus sensibles : Noë, Poulard d'Australie (*P. glumarum* surtout), Bon fermier : le contraste de deux champs contigus de Bon fermier et de H. inversable est très frappant.

On constate nettement, dans certains cas, des différences de sensibilité de lignées pédigrées de ces variétés. Nous aurons l'occasion de faire de nombreuses observations à ce sujet les années suivantes.

Nous avons, en résumé, essayé d'établir dans cette Note : 1° les rapports des trois grandes rouilles du blé et du climat; 2° les sensibilités de diverses variétés de blé vis-à-vis de ces rouilles.

BIOLOGIE. — *Sur la réversibilité des phénomènes d'arrêt par abaissement du* P_H *dans l'évolution des œufs d'Oursin.* Note de MM. **M. Rose**, **J. Dragoiu** et **F. Vlès**, présentée par M. Henneguy.

Nous avons montré, dans les Notes antérieures [1], que l'abaissement du P_H de l'eau de mer est susceptible de bloquer l'évolution d'un œuf d'Oursin fécondé, et provoque toute une série d'importantes modifications cytologiques.

Il reste à déterminer dans quelles conditions les phénomènes observés deviennent irréversibles, et quelles sont les limites du temps de séjour dans les sulutions en deçà desquelles les œufs, remis dans l'eau de mer normale, peuvent reprendre le cours de leur évolution.

---

[1] *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 133 et 409.

L'observation des œufs bloqués par les P_H faibles, remis dans l'eau de mer normale, montre que leur sort ultérieur dépend de deux facteurs : 1° la concentration en ions H^+ de la solution expérimentale; 2° la durée de leur séjour dans cette solution.

De plus, pour les P_H très faibles, l'évolution, lorsqu'elle reprend encore, est toujours limitée; il semble que les modifications réalisées dans l'œuf soient trop profondes pour être compatibles avec une survie un peu longue : les processus en train achèvent de se dérouler, et, lorsqu'ils sont terminés, la cytolyse totale de l'œuf se produit.

Ainsi, après un séjour d'une demi-heure dans P_{H^3} et P_{H^4}, les œufs traités au moment du diaster du premier fuseau achèvent leur cinèse et l'on obtient le stade II suivi de cytolyse; pour un séjour plus long, la cytolyse se produit d'emblée sans achèvement de la cinèse en route.

Pour P_{H^5}, après 2 heures et demie de séjour, l'évolution reprend et va plus ou moins loin, mais aboutit à la cytolyse; si le séjour n'est que de 2 heures, la segmentation repart, mais sur des modes anormaux (stades réniformes, cordiformes, sillons en Y, stades à III ou V blastomères). La division rappelle d'une manière frappante les aspects observés dans certaines méthodes de parthénogenèse expérimentale. Puis, tout se régularise avec le temps et l'on aboutit à des gastrulas normales mais en retard sur les témoins. Pour un séjour inférieur à une heure, l'évolution, sans stades anormaux, n'est que retardée par rapport aux témoins.

Pour P_{H^6} et P_{H^7}, les phénomènes sont du même ordre que dans P_{H^5}, mais pour des temps de séjour beaucoup plus longs. Cependant il faut noter qu'on n'observe pas aussi nombreuses les formes anormales si curieuses obtenues dans P_{H^5}; le pourcentage de ces formes diminue à mesure que le chiffre du P_H s'élève. On constate surtout des retards dans la vitesse d'évolution qui sont fonction de la durée du séjour.

Nous aurions donc quatre types principaux dans le mode de réaction des œufs soumis aux P_H faibles et remis dans leur milieu normal :

1° Les processus de division sont simplement retardés, la valeur du retard dépendant de la concentration en ions H^+ d'une part, et d'autre part de la durée de séjour. Cependant, dans ce cas, certains matériaux cytoplasmiques ont déjà été remaniés dans leur arrangement relatif : le pigment, en effet, qui s'est concentré en plages très colorées au voisinage du centre de l'œuf, se rediffuse peu à peu régulièrement dans toute la cellule. Les modifications produites ne paraissent que transitoires.

2° La division reprend sur des modes très anormaux au moins au début,

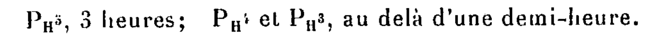
mais les anomalies ne sont que passagères et les phénomènes se régularisent par la suite. L'évolution finit par redevenir normale, quoique retardée. Les modifications produites dans l'œuf ont été plus profondes que dans le cas précédent, mais sont encore réversibles

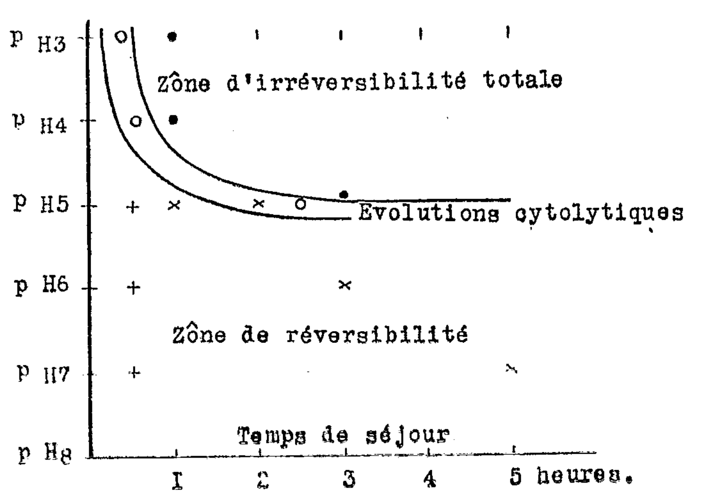
P_H^7, 5 heures; P_H^6, 3 heures; P_H^5, 2 heures.

3° L'évolution reprend d'une manière anormale, et va plus ou moins loin suivant la concentration des ions H^+ et la durée du séjour, mais aboutit toujours à la cytolyse. Les modifications réalisées dans l'œuf ont été trop importantes, en partie définitives et incompatibles avec la vie.

P_H^5, 2 heures 30 minutes; P_H^4 et P_H^3, 30 minutes.

4° L'œuf est irréversiblement bloqué et ne réagit plus. L'évolution ne reprend plus et l'œuf se cytolyse directement.


P_H^5, 3 heures; P_H^4 et P_H^3, au delà d'une demi-heure.



Zone de réversibilité : + retards simples; × stades anormaux.
○ zone d'évolutions cytolytiques; ● zone d'irréversibilité totale.

Au point de vue cytologique, ces quatre types correspondent à quatre degrés des modifications que nous avons étudiées précédemment : 1° aucune altération interne notable et persistante; 2° polycentries apparues dans les solutions expérimentales, persistant et se régularisant par la suite, gonflement des chromosomes; 3° régression des asters; mais les chromosomes ne sont pas agglutinés; 4° les chromosomes se fusionnent et forment le *paquet noir*.

Quant à la marche cytologique de la reprise de l'évolution, on observe pour le troisième degré que le cytoplasme granuleux s'éclaircit, les rayons des asters reparaissent, les chromosomes reprennent leur forme de baguettes et s'écartent les uns des autres; ils ont donc récupéré leur charge électrostatique négative que l'apport d'ions H avait partiellement neutralisée. Aucun caractère nucléaire ne paraît indiquer si l'évolution reprise se terminera ultérieurement par une cytolyse, laquelle serait donc vraisemblablement d'origine cytoplasmique.

En conclusion, le témoin de l'irréversibilité totale est fourni par l'apparition du *paquet noir*, signalétique d'un état pycnotique, résultat probable de la perturbation des charges des chromosomes; nous retrouvons ici encore des phénomènes parallèles à ceux que l'un de nous a indiqués pour le blocage osmotique des œufs ([1]).

BIOLOGIE. — *Action des oxydes insolubles sur le mildiou de la pomme de terre* (Phytophthora infestans). Note de M. et Mme G. Villedieu, présentée par M. P. Viala.

Il est actuellement admis qu'un corps, pour agir sur un organisme vivant, doit au préalable être « solubilisé » dans le liquide ambiant pour pénétrer à l'intérieur de la cellule vivante et qu'il ne peut ainsi être actif que sous la forme soluble; les faits que nous allons exposer semblent être en désaccord avec cette hypothèse.

Dans une Note antérieure ([2]), nous avions indiqué que si à certains milieux nutritifs, parfaitement neutres, on ajoute des oxydes insolubles ou peu solubles comme les oxydes de cuivre ou de cadmium, la végétation de certains champignons, comme le *Penicillium glaucum*, le *Mucor mucedo*, etc., devient impossible sur ces milieux; mais l'insolubilité de ces oxydes ne pouvait être affirmée dans ces milieux complexes où des réactions lentes pouvaient se produire.

Nous avons, après de nombreux tâtonnements, choisi pour expérimenter l'action des oxydes insolubles, l'éclosion des conidies du mildiou de la pomme de terre (*Phytophthora infestans*) suivie, en goutte pendante, en présence des oxydes ou de solutions saturées de ces oxydes.

Ce procédé présente à notre avis l'avantage de réduire au minimum les

---

([1]) Dragoiu, *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 199.

([2]) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 737.

composantes de l'expérience, ce qui diminue les chances d'erreur; il permet de suivre au microscope toute l'action, qui ne peut être influencée par des causes extérieures; et, de plus, quelques heures suffisent pour chaque expérience.

On utilise :

1° Comme cellule vivante, des conidies de mildiou cultivé sur pomme de terre à température constante (18°);

2° Comme insolubles, des oxydes purs que nous énumérerons plus loin;

3° Comme solvant, de l'eau bidistillée.

On opère ensuite de la façon suivante :

On laisse en contact, 24 heures au moins, en agitant fréquemment, l'oxyde étudié et l'eau distillée; on filtre ensuite sur double filtre très serré le liquide chargé au maximum d'oxyde insoluble ou peu soluble; on vérifie la présence de l'oxyde, si possible.

On prend pour chaque opération une partie de cette solution saturée et une partie de l'oxyde même qui a servi pour cette opération.

On fait alors pour chaque oxyde trois sortes d'essai. Avec une même culture, on ensemence, en chambre humide, des conidies de mildiou :

1° Dans une goutte de l'eau filtrée saturée d'insoluble;

2° Dans une goutte d'eau distillée, contenant l'insoluble finement pulvérisé et également réparti dans toute la goutte;

3° Dans une goutte d'eau très allongée et saturée d'insoluble, à l'une des extrémités de laquelle on a, au préalable, introduit quelques particules d'insoluble.

On observe les trois séries de chambres ainsi préparées et abandonnées à 15°.

I. Dans l'eau filtrée saturée d'insoluble il y a germination, vie active des zoospores, fixation et germination normale de ces dernières.

II. Dans l'eau distillée, contenant l'insoluble pulvérisé, rien ne naît; si parfois une zoospore s'échappe dans une partie où le précipité fait défaut, elle se fixe immédiatement et meurt; pas de germination. Plus le précipité est réduit en particules fines, plus son action est sûre.

III. Dans la goutte longue, au voisinage du précipité, aucune vie; à l'extrémité opposée de la goutte d'eau les zoospores éclosent et vivent. Si quelques-unes d'entre elles viennent, dans leur course, à toucher le précipité, elles ralentissent leurs mouvements, se fixent et meurent.

Pour ces expériences, les oxydes insolubles ou peu solubles choisis ont été les suivants : magnésie calcinée, magnésie hydratée, oxydes de cad-

mium, de nickel, de cobalt, de zinc, oxyde noir de cuivre (provenant de la calcination de l'azotate cuprique), oxyde rouge de mercure, tous toxiques au contact.

Cette toxicité est due, pour une part au moins, à la fonction basique de ces oxydes; car en présence des oxydes suivants : Bi^2O^3, Fe^2O^3, Al^2O^3, Cr^2O^3, Pb^3O^4, MnO^2, le mildiou vit et germe normalement.

Si l'on salifie les oxydes reconnus toxiques par des acides minéraux ou organiques, on obtient des solutions dans lesquelles le mildiou peut se développer, la toxicité de ces solutions variant du $\frac{1}{1000}$ au $\frac{1}{100000}$ ou même au $\frac{1}{1000000}$ suivant le métal et l'acide utilisés. Mais dans une solution saline choisie et contenant une proportion de métal supérieure à celle que l'on pouvait déceler dans la solution d'oxyde, toujours nous avons pu faire vivre du mildiou.

Il y a lieu de retenir que ces faits sont en contradiction nettement apparente avec l'idée admise aujourd'hui que les corps n'agissent dans le domaine biologique qu'autant qu'ils ont été au préalable solubilisés. Dans ces expériences, la solution saturée des corps insolubles ou peu solubles est sans action et ces insolubles eux-mêmes n'agissent qu'au contact des cellules vivantes mises en réaction.

BIOLOGIE. — *Comparaison entre le comportement sexuel de quelques Néréidiens des côtes de la Manche.* Note de M. **R. Herpin**, présentée par M. Ch. Gravier.

Dans une précédente Note [1], j'ai montré que chez *Perinereis cultrifera* l'émission du sperme pouvait être déterminée par une sécrétion de la femelle, tandis que la ponte l'était par la présence des spermatozoïdes. J'ai montré aussi que le même mâle peut émettre du sperme trois jours de suite, alors que normalement la femelle ne pondait qu'une seule fois. Cette différence doit tenir à ce que l'éjaculation se fait uniquement par l'anus, tandis que la ponte se fait à la fois par l'anus et des déchirures latérales.

Je me suis proposé de rechercher s'il en était de même chez quelques autres Néréidiens communs sur les côtes de la Manche : *Perinereis Marionii* Aud. et Edw., *Nereis irrorata* Malm. et *Nereis pelagica* L.

---

(1) Herpin, *Sur les relations sexuelles chez* Perinereis cultrifera *Gr.* (*Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 417).

Chez *Perinereis Marionii*, j'ai pu renouveler une fois avec succès les expériences de Lillie et Just sur *Nereis limbata* : Un mâle placé dans l'eau où avait séjourné une femelle (cette dernière étant ôtée) avait émis par l'*anus* un filet de sperme.

Remis dans de l'eau de mer pure, il cesse d'éjaculer. Réintroduit dans l'eau où avait séjourné la femelle, l'émission du sperme reprend. Elle s'arrête presque complètement par un nouveau transport dans l'eau de mer pure. Une troisième éjaculation, mais peu abondante, est obtenue en replaçant le mâle dans l'eau où la femelle avait séjourné. Elle est suivie d'un arrêt définitif, l'animal n'éjaculant plus, même en présence de la femelle.

La sécrétion de la femelle qui détermine le réflexe éjaculatoire ne se produit qu'à maturité complète : Un mâle et une femelle de *Nereis pelagica*, n'ayant point réagi une première fois, réagirent six jours plus tard. L'examen attentif de ces deux animaux me montra que lorsque la maturité complète est proche, la présence de la femelle ou bien de l'eau dans laquelle elle a séjourné détermine la natation du mâle, mais sans émission de sperme.

La possibilité pour le mâle d'émettre du sperme plusieurs jours de suite a été établie très nettement chez *Nereis irrorata*. Un mâle ayant émis du sperme en présence d'une femelle et déterminé la ponte de cette dernière a nagé pendant plusieurs heures. Remis dans les ulves, *il s'y est construit un tube*. Le lendemain, mis en présence de deux femelles, il a refusé d'abord de réagir; mais à la nuit (21^h), il est sorti de son tube à diverses reprises pour nager. Mis alors en présence des femelles précédentes, il a émis du sperme. Remis dans son vase d'élevage, il est encore rentré dans son tube. Dans l'après-midi du jour suivant, je l'y trouvai mort, mais entouré de sperme.

Quelques différences sont à noter entre *Perinereis cultrifera* et *Perinereis Marionii*, concernant l'émission du sperme et des œufs.

Ces différences sont en rapport avec une particularité morphologique : chez *Perinereis cultrifera*, *Nereis irrorata* et *Nereis pelagica* le corps ne présente à maturité que deux régions : région antérieure non sensiblement modifiée et région hétéronéréidienne s'étendant jusqu'au pygidium et caractérisée par le développement des organes de natation : lamelles et soies à palettes. Au contraire, chez *Perinereis Marionii*, Fauvel [1] décrivant, pour la première fois, la forme hétéronéréidienne, a fait remarquer que les derniers sétigères ne sont pas modifiés, c'est-à-dire ne portent ni soies ni lamelles.

---

[1] FAUVEL, *Sur quelques Néréidiens* (*A. F. A. S.*, Congrès de Dijon, 1911).

J'ai pu, de nouveau, constater le fait et m'assurer de sa généralité. J'ai eu des spécimens ayant émis des produits sexuels qui se sont fécondés et je puis affirmer qu'il s'agit bien là d'un réel caractère des individus complètement épitoques et non d'un fait passager tenant au développement successif des lamelles et des soies.

Les *Perinereis Marionii* épitoques ont donc leur corps divisé en trois régions : région antérieure, région hétéronéréidienne et région postérieure non modifiée et très étroite; chez un mâle ayant nagé et émis du sperme, cette troisième région comporte 27 sétigères sans soies pélagiques et 3 segments sans appendices ni soies.

Probablement à cause de l'étroitesse de cette région formant obstacle, l'éjaculation par l'anus est fréquemment accompagnée de la sortie du sperme par déchirures latérales se produisant vers la jonction des régions postérieure et moyenne.

Pour la même raison, la ponte se fait graduellement et avec une certaine lenteur; la troisième région du corps de la femelle devient alors très étroite et absolument inerte, alors que celle du mâle s'amincit graduellement. Le fait que souvent l'éjaculation se fait à la fois par l'anus et par des déchirures doit rendre plus rare la survivance du mâle à une première éjaculation; en fait je ne l'ai pas encore constatée.

Des différences sont aussi à noter en ce qui concerne l'enveloppe gélatineuse dont l'œuf s'entoure après la fécondation. Chez *Perinereis cultrifera* et plus encore chez *P. Marionii*, cette enveloppe adhère très fortement au cristallisoir. Au contraire, chez *Nereis irrorata* et *N. pelagica*, l'adhérence est nulle, de telle sorte que les œufs sont soulevés par la moindre agitation de l'eau. Il est intéressant de comparer ce fait avec la distribution verticale et horizontale de ces espèces : *Perinereis Marionii* est une espèce exclusivement littorale vivant à Cherbourg dans les fentes de schistes à un niveau très élevé, son aire de répartition se limite à la Manche et aux côtes françaises de l'Océan. *P. cultrifera* s'étend beaucoup plus, verticalement et horizontalement, mais ne descend pas à une grande profondeur. Au contraire, *Nereis irrorata* et *N. pelagica* qui, dans la zone intercotidale n'apparaissent qu'à un niveau assez bas, descendent par contre à une profondeur considérable pouvant dépasser 1200^m pour cette dernière. Leur aire de répartition est très étendue; elle est mondiale pour *N. pelagica* [1]. Il

---

[1] FAUVEL, *Annélides Polychètes non pélagiques* (Résultats des campagnes scientifiques du prince de Monaco).

semble donc, pour cette dernière surtout, dont *la larve n'est jamais nageante* (¹), que l'adhérence nulle de ses œufs a pu contribuer à favoriser l'extension mondiale de cette espèce en permettant leur entraînement par les courants.

Remarques sur la Note précédente de M. R. Herpin, par M. **Ch. Gravier.**

Les résultats des expériences de M. R. Herpin, qui confirment et étendent ceux obtenus par F.-R. Lillie et E.-E. Just, à Woods Hole (Mass.), ont une portée plus considérable qu'elles ne le paraissent, au point de vue de la biologie générale. Il est à souhaiter que des recherches du même ordre soient entreprises sur beaucoup d'autres animaux.

Chez un grand nombre de Polychètes, la fécondation est externe, notamment chez ceux qui expulsent directement leurs éléments reproducteurs dans le milieu aquatique où ils vivent, sans former de ponte agglomérée, comme ceux qui enveloppent leurs œufs dans un mucus protecteur. Quand les ovules sont pondus isolément, la fécondation paraît être absolument fortuite et permettre largement à l'hybridation de s'exercer. En réalité, l'hybridation doit être bien moins fréquente qu'on ne le croirait *a priori*. Il est fort possible que les ovules de beaucoup de Polychètes — et d'autres animaux — sécrètent, comme les expériences précitées l'ont établi chez plusieurs espèces de Néréidiens, une substance spécifique qui provoque rapidement l'émission des spermatozoïdes chez les mâles de la même espèce, sans avoir la moindre action sur les mâles mûrs d'autres espèces, même voisines (²). En outre, bien d'autres circonstances, que nous sommes loin de connaître toutes, interviennent dans la fusion des cellules reproductrices de sexes différents.

(¹) Herpin, *Sur le développement de quelques Néréidiens* (*A. F. A. S.*, Congrès de Rouen, 1921).

(²) Sans doute, on a réussi, dans les laboratoires, à provoquer la fécondation d'ovules d'une espèce déterminée par des spermatozoïdes d'une espèce très différente de celle-ci, se rapportant à des genres, à des ordres et même à des embranchements différents. Mais il faut, en général, pour cela, outre de minutieuses précautions de technique, fabriquer un milieu spécial. De pareilles conditions n'existent pas dans la nature. Le pourcentage des succès, dans ces fécondations hétérogènes, est toujours plus ou moins restreint.

MICROBIOLOGIE. — *Sur la possibilité de réaliser la désinfection intestinale.* Note de M. AUGUSTE LUMIÈRE, présentée par M. ROUX.

Tous les procédés préconisés jusqu'ici pour détruire les micro-organismes qui pullulent en nombre immense dans le tube digestif sont dépourvus d'efficacité.

Quels que soient les antiseptiques auxquels on s'est adressé, il n'a pas été encore possible de stériliser les déchets de la digestion dans l'organisme même où ils se multiplient.

Il nous a semblé que ce résultat pourrait être obtenu au moyen de certains composés argentiques que nous avons été amené à préparer à la suite des conceptions théoriques suivantes :

Les sels d'argent sont des agents bactéricides remarquables [1], mais ils sont très irritants parce qu'ils précipitent les matières albuminoïdes, les chlorures et certains éléments constitutifs des tissus et des liquides humoraux.

Pour éviter autant que possible ces précipitations, nous avons pensé qu'il conviendrait d'engager l'argent dans des complexes sulfurés dont la chaleur de formation est plus élevée que celles dans lesquelles le métal est combiné avec le chlore.

Parmi les corps obtenus en partant de ce principe, nous avons retenu celui qui nous a semblé réunir le plus grand nombre d'avantages, c'est-à-dire l'argentothioglycérine-sulfonate de sodium [2].

$$\begin{array}{l} CH^2 - SAg \\ \mid \\ CH - OH \\ \mid \\ CH^2O - SO^3Na. \end{array}$$

Cette substance, qui renferme 35 pour 100 d'argent métallique, se présente sous forme d'une poudre jaune, très soluble dans l'eau, ne précipitant ni par la soude ni par les chlorures, ni par l'ovalbumine; elle ne s'altère pas à la lumière, ne tache pas les tissus; sa toxicité, par voie gastrique, est très

---

(1) Exception faite des préparations constituées par de l'argent colloïdal, telles que le collargol ou l'argyrol qui ne sont bactéricides qu'à la dose de $\frac{1}{1000}$ environ.

(2) AUGUSTE LUMIÈRE, *Sur les dérivés métalliques de la thioglycérine sulfonique* (*Société de Thérapeutique de Paris*, 12 octobre 1921).

faible puisqu'il faut administrer plus de 1^g de ce composé argentique par kilogramme pour déterminer la mort.

Son pouvoir antiseptique varie de $\frac{1}{5000}$ à $\frac{1}{10000}$ suivant les micro-organismes.

L'expérience suivante montre l'efficacité de ce dérivé argentique comme antiseptique intestinal.

Si l'on délaye 5^{cg} de matières fécales d'un chien normal dans 20^{cm^3} de bouillon stérile renfermé dans un ballon Pasteur et que l'on prélève 5 gouttes de ce bouillon pour ensemencer le même volume de bouillon d'un second ballon, on obtient, au bout de 24 heures d'étuve, une culture abondante dont 10 gouttes cultivées en boîte de Pétri donnent en 48 heures plusieurs centaines de colonies.

Après avoir donné, pendant 10 jours, à un chien de $10^{kg},400$, 1^gp ar jour de benzonaphtol, si l'on répète le même essai, on peut constater que le produit s'est montré complètement inefficace et que le nombre de colonies de la boîte de Pétri ensemencée est sensiblement le même que dans le cas du chien témoin. Plus de 100 colonies sur un diamètre de 100^{mm}.

Prenant ensuite un autre chien de même poids, nous lui avons donné 1^g d'argentothioglycérine-sulfonate de sodium par voie gastrique, sous forme de pilules incluses dans de petits cubes de biscuits, et nous avons constaté dans ce cas, après 4 jours de traitement, que la boîte de Pétri, préparée dans les mêmes conditions, ne présentait plus qu'une seule colonie, le contenu intestinal étant devenu presque stérile.

Les essais cliniques qui se poursuivent à l'aide de cette substance semblent confirmer ces remarquables propriétés.

A 15^h50^m, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section de Géographie et Navigation, par l'organe de M. Lallemand remplaçant le doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *Louis Favé* :

En première ligne.	M. **Jean Tilho**
En seconde ligne, ex æquo et par ordre alphabétique.	MM. **Félix Arago** **Eugène Fichot** **Louis Gentil** **Georges Perrier** **Édouard Perrin**

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 18 heures.

É. P.

ERRATA.

(Séance du 5 février 1923.)

Note de M. *P. Dejean*, Corrélation entre l'hypothèse du champ démagnétisant élémentaire et la théorie du champ moléculaire :

Page 388, ligne 28, *ajouter* $\chi(T - \Theta) = C$.
Page 390, ligne 19, *au lieu de* $\mathcal{H}_T$, *lire* $\mathcal{H}_\Gamma$.
Page 391, ligne 11, *au lieu de* $\mathcal{H}_e + \varepsilon' + \mathcal{M}$, *lire* $\mathcal{H}_e + \varepsilon' = \mathcal{M}$.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de janvier 1923.

Construction et exploitation des grands réseaux de transport d'énergie électrique à très haute tension. Compte rendu des travaux de la Conférence internationale tenue à Paris du 21 *au* 26 *novembre* 1921, par Jean Tribot Laspière. Paris, Union des syndicats de l'électricité, 1922; 1 vol. 24^{cm}. (Présenté par M. D. Berthelot.)

Manuel d'océanographie physique, par J. Rouch. Paris, Masson et Cie, 1922; 1 vol. 21^{cm}.

Les Termites, partie générale : *Description. Distribution géographique. Classification. Biologie. Vie sociale. Alimentation. Constructions. Rapport avec le monde extérieur*, par E. Hegh. Bruxelles, Imprimerie industrielle et financière, 1922; 1 vol. 24^{cm}. (Présenté par M. E. Bouvier.)

Œuvres de Pasteur. Tome premier : *Dissymétrie moléculaire*. Tome II : *Fermentations et générations dites spontanées*, réunies par Pasteur-Vallery-Radot. Paris, Masson et Cie, 1922; 2 vol. 28^{cm}.

Two Addresses to the engineering students of the University of Barcelona, par J. A. L. Waddell. Chez l'auteur, New-York, 1922; 1 fasc. 21^{cm}.

Bibliographie des travaux scientifiques (sciences mathématiques, physiques et naturelles) publiés par les Sociétés savantes de la France, dressée sous les auspices du Ministère de l'Instruction publique, par René Descharmes. Tome II, 1re livraison. Paris, Imprimerie nationale, 1922; 1 vol. 28^{cm}.

Les progrès de la Chimie en 1920. Traduction française autorisée des *Annual Reports on the Progress of Chemistry for* 1920, Vol. XVII, publiée sous la direction de M. André Kling. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1922; 1 vol. 23^{cm}.

Paul Schutzenberger et l'isotopie, par O. Boudouard, extrait du *Bulletin mensuel de l'Association amicale des anciens élèves de l'École de physique et de chimie industrielles de la Ville de Paris*, n° 337, novembre 1922; 1 fasc. 25^{cm}. (Présenté par M. Haller.)

Traité d'analyse des substances minérales, par Adolphe Carnot. Tome quatrième et dernier : *Métaux* (2e partie). *Révision et appendice*, par E. Goutal. Paris, Dunod, 1922; 1 vol. 25^{cm}.

1822-1922. *Pasteur. Institut Pasteur*, 27 *décembre* 1922. Paris, Hachette, 1922; 1 vol. 25^{cm}

Synthèses au moyen de l'amidure de sodium. Conférence faite devant la Société chimique de France le 2 juin 1922, par A. Haller. Extrait du *Bulletin de la Société chimique de France*. Paris, Masson et Cie, 1922; 1 fasc. 20^{cm}.

Les sourciers et leurs procédés. Les baguettes. Les pendules. Les appareils automatiques et autres procédés, par Henri Mager. Deuxième édition. Paris, Dunod, 1923; 1 vol. 20cm.

Les progrès récents de l'astronomie, par Paul Stroobant. Volume IX. Années 1915-1920. Première partie : *Le système solaire*. Bruxelles, Hayez, 1922; 1 vol. 18cm. (Présenté par M. H. Deslandres.)

Théorie colloïdale de la Biologie et de la Pathologie, par Auguste Lumière. Paris, Étienne Chiron, 1922; 1 vol. 20cm. (Présenté par M. E. Roux.)

La vie des atomes, par A. Boutaric. Paris, Ernest Flammarion, 1923; 1 vol. 18cm. (Présenté par M. D. Berthelot.)

Encyclopédie française d'urologie, publiée sous la direction de A. Pousson et E. Desnos. Tome premier : *Histoire de l'urologie, embryologie, anatomie et physiologie de l'appareil urinaire; généralités*, par E. Desnos, J. Pellegrin, C. Papin, H. Rieffel, Pierre Descomps et Aubaret, A. Labat, Ch. Achard et G. Paisseau, J. Janet, Ertzbischoff. Tome deuxième : *Exploration des reins et des uretères, lésions traumatiques du rein. Lésions inflammatoires du rein; lithiase rénale, tuberculose rénale, tumeurs du rein*, par O. Pasteau et Ambard, Arcelin, V. Carlier et Heitz-Boyer, A. Pousson et J. Carles, Ed. Michon, M. Chevassu, F. Legueu, M. Rafin, Ch. Tuffier et Ad. Bréchot. Tome troisième : *Affection des reins et des uretères, affections des capsules surrénales*, par H. Brin, V. Nicaise, P. Bazy, E. Gaucher et M. Druelle, Ed. Papin, P. Alglave, D. Courtade, V. Rochet, L. Thévenot, Ed. Papin et L. Morel, A. Pousson, H. Hartmann, E. Jeanbrau, E. Forgue, E. Michon, M. Rafin et A. Bœckel, Paul Delbet, M. Ribadeau-Dumas. Tome quatrième : *Maladies de la vessie*, par O. Pasteau, Arcelin, Rouvillois et Ferron, Heitz-Boyer, H. Minet, Ertzbischoff, Verhoogen, Malherbe et Pasquereau, Nicaise, Gaucher et Druelle, Estor et Vialleton, E. Forgue, A. Pousson, Courtade, Paul Delbet, Genouville et Bœckel, Desnos. Tome cinquième : *Maladies de l'urèthre*, par P. Noguès, Paul André, Marcel Sée, E. Papin, J. Escat et Antoine Dor, Oraison, Genouville, Ertzbischoff, Imbert, Druelle, Pousson, Nové-Josserand et Gayet, Minet, Heitz-Boyer. Tome sixième : *Maladies de la prostate; les grands syndromes urinaires*, par P. André, Oraison, G. Marion, V. Pauchet, P.-A. Ertzbischoff, V. Nicaise, Druelle, P. Delbet, X. Arnozan, M. Creyx, L. Bernard, J. Paraf, Ch. Achard, A. Leblanc, J. Teissier, Ch. Roubier, J. Castaigne, H. Paillard, L. Binet, Le Dantec, A. Hogge. Paris, Octave Doin, 1914, 1914, 1914, 1921, 1922, 1923; 6 vol. 28cm. (Présenté par M. L. Bazy.)

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES

SÉANCE DU LUNDI 26 FEVRIER 1923

PRÉSIDENCE DE M. ALBIN HALLER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce le décès de M. E. **Ariès**, Correspondant pour la Section de Mécanique.

MÉCANIQUE ET ÉLECTROMAGNÉTIQUE. — *Sur le calcul des oscillations forcées d'un groupe électrogène (ou d'un appareil analogue) tournant à une vitesse moyenne constante, mais* soumis à des variations périodiques du couple moteur *en même temps qu'à un effort résistant élastique variable avec l'angle d'écart*. Note de M. **André Blondel** (1). (Extrait.)

Les équations de départ sont les mêmes que celles utilisées pour l'étude du régime libre (2), sauf qu'on doit rajouter à la seconde le terme harmonique provenant de l'irrégularité du couple mécanique. Écrivons ces équations pour l'harmonique n du couple imposé dont j'appelle ε la vitesse de pulsation :

$$G\frac{d^2W_n}{dt^2}+A\frac{dW_n}{dt}+W\pm F+Nd\frac{\theta_n}{dt}=0, \tag{1}$$

$$-Q\left(W_n\cos\Phi_n-\frac{1}{\varepsilon}\frac{dW_n}{dt}\sin\Phi_n\right)+\frac{\omega}{p}K\frac{d^2W_n}{dt^2}+\mathcal{M}(P)=\frac{\omega}{p}L_n\sin(\varepsilon t+\eta_n). \tag{2}$$

Premier cas : *Régulateur dénué de frottement fixe* F. — Désignons par W_n

---

(1) Extrait d'une Note contenue dans un pli cacheté reçu dans la séance du 28 avril 1919, inscrit sous le n° 8646, et ouvert dans la séance du 12 février 1923.

(2) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 439.

et Θ_n les amplitudes des variables sinusoïdales w_n et θ_n respectivement. L'équation (1) devient en notation complexe (en posant $j=\sqrt{-1}$)

$$(3) \qquad W_n = -j\varepsilon \frac{N\Theta_n}{-\varepsilon^2 G + j\varepsilon A + 1},$$

$$(4) \qquad W_n = -j\varepsilon \frac{N\Theta_n}{\sqrt{(1-\varepsilon^2 G)^2 + \varepsilon^2 A^2}} (\cos\Psi_n - j\sin\Psi_n)$$

avec

$$(5) \qquad \operatorname{tang}\Psi_n = \frac{\varepsilon A}{1-\varepsilon^2 G}.$$

D'après (4), le retard de l'ouverture de la valve W_n sur les oscillations Θ_n est représenté par l'angle $\left(\frac{\pi}{2} + \Psi_n\right)$.

L'équation (2) s'écrit sous forme vectorielle [K_1, b_1 et c_1 ayant les significations indiquées dans une Note précédente (¹)]

$$(6) \qquad -Q W_n[\cos\Phi_n - j\sin\Phi_n] + \Theta_n[-\varepsilon^2 K_1 + j\varepsilon b_1 + c_1] = \frac{\omega}{p}\Gamma_n(\cos\eta_n + j\sin\eta_n),$$

d'où, en éliminant w_n avec (3),

$$(7) \qquad \Theta_n\left[-Q_1 \frac{j\varepsilon(\cos\Phi_n - j\sin\Phi_n)}{-\varepsilon^2 G + 1 + j\varepsilon A} - \varepsilon^2 K_1 + j\varepsilon b_1 + c_1\right] = \omega\Gamma_n(\cos\eta_n + j\sin\eta_n)$$

ou

$$(8) \qquad \Theta_n = \frac{\omega}{p}\frac{\Gamma_n}{\overline{\Delta}}\cos\eta_n + j\sin\eta_n)$$

avec

$$(9) \qquad \overline{\Delta} = -Q_1 \frac{j\varepsilon(\cos\Phi_n - j\sin\Phi_n)}{-\varepsilon^2 G + 1 + j\varepsilon A} - \varepsilon^2 K_1 + j\varepsilon b_1 + c_1.$$

Les trois derniers termes du second membre reproduisent, sous une écriture différente, le dénominateur vectoriel de la précédente Note (¹) quand il n'y a pas de compoundage et pas de circuits amortisseurs (²). L'influence du régulateur se traduit donc par l'introduction d'un *nouveau vecteur* $\overline{\Delta}_r$

$$(10) \qquad \overline{\Delta}_r = j \frac{Q_1\varepsilon}{\sqrt{(1-\varepsilon^2 G)^2 + \varepsilon^2 A^2}}[\cos(\Psi_n + \Phi_n) - j\sin(\Psi_n + \Phi_n)].$$

(¹) Cf. A. Blondel, *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 376.

(²) Si l'on tenait compte de l'effet de compoundage et de celui des circuits amortisseurs, l'expression $\mathfrak{D}(P)$ serait du quatrième degré en ε au lieu du second, comme on l'a vu précédemment.

Pour la représentation graphique (*fig.* 1), reprenons les axes du diagramme des *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 380 : l'axe horizontal et réel OH est celui des puissances élastiques proportionnelles à l'écart θ; l'axe vertical,

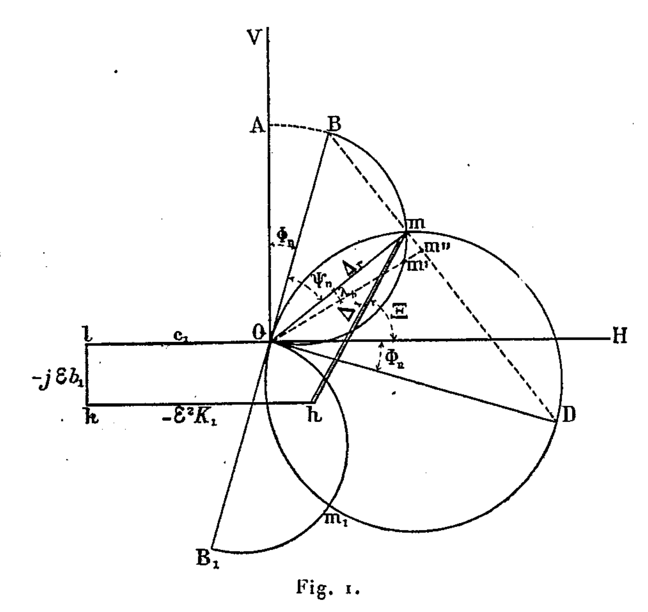


Fig. 1.

imaginaire, OV, est celui des puissances amortissantes, proportionnelles à ε. A partir de l'origine O portons successivement (en sens inverse, pour faciliter ensuite l'addition des vecteurs) :

$$Ol = -c_1, \qquad lk = -j\varepsilon b_1, \qquad kh = +\varepsilon^2 K_1.$$

L'ancien dénominateur est représenté par hO. Pour construire $\overline{\Delta}_r$ défini par (7), prenons $OA = j\frac{Q_1\varepsilon}{1-\varepsilon^2 G}$ sur l'axe OV. Le multiplicateur vectoriel $(\cos\Phi_n - j\sin\Phi_n)$ donne OB d'amplitude égale à OA et faisant l'angle Φ_n en retard. Traçons sur OB comme diamètre le demi-cercle BmO, et menons Om faisant l'angle Ψ_n avec OB. On a $Om = \overline{\Delta}_r$, et hm est égal au dénominateur résultant $\overline{\Delta}$.

Le vecteur $\overline{\Delta}_r$ peut se construire également à partir de (10) en prenant alors comme diamètre du cercle $OD = \frac{Q_1}{A}$, ce diamètre faisant l'angle Φ_n avec l'axe réel OH. La première construction permet de discuter l'influence de A, la seconde celle de la fréquence propre du régulateur.

1° Sur le diagramme construit pour l'harmonique $n^{\text{ième}}$ du couple pertur-

bateur $\Sigma\Gamma_n \sin n\Omega t$, la vitesse de pulsation $\varepsilon = n\Omega$; l'angle Φ_n caractérisant le *retard à la distribution* doit être pris égal à n fois Φ_1 (retard pour l'harmonique fondamental). Il peut être grand pour des harmoniques élevés et pourrait même dépasser 2π; mais l'effet des harmoniques d'ordre supérieur au quatrième ne sont pas à considérer ordinairement. D'une façon générale, Φ_n ajoute son effet à celui du retard Ψ_n introduit par le régulateur lui-même. Quand $\varepsilon^2 K_1 > c_1$ (cas de la figure 1), l'angle Φ_n fait décroître $\overline{\Delta}$; quand au contraire $\varepsilon^2 K_1 < c_1$, $\overline{\Delta}$ croît d'abord un peu, mais il diminue ensuite quand $(\Phi_n + \Psi_n)$ dépasse $\frac{\pi}{2}$.

2° L'*amortissement* A du régulateur modifie l'angle Ψ_n. Pour $A = 0$, $\Psi_n = 0$, et le point m est en B. Pour des amortissements croissants, m se déplace sur le demi-cercle BmO; il atteint le point O pour $A = \infty$, cas pour lequel le régulateur est naturellement sans effet. L'influence de l'amortissement est donc double : accroissement de l'angle $(\Phi_n + \Psi_n)$, diminution de l'amplitude de $\overline{\Delta}_r$. Ces deux effets, qui contribuent généralement à diminuer $\overline{\Delta}$, indiquent que l'amortissemeut du régulateur est défavorable.

3° Pour rechercher l'influence de la *fréquence propre* du régulateur, utilisons le cercle Om_1 Dm, dont le diamètre a l'avantage d'être indépendant de cette fréquence. Quand cette fréquence est élevée vis-à-vis de $\frac{\varepsilon}{2\pi}$, m se trouve à l'intersection de deux demi-cercles: OmD et OmB, avec $OB \approx \frac{\varepsilon Q_1}{I}$. A mesure qu'elle décroît, m se déplace sur OmD vers D, point qui est atteint à la résonance. Enfin, si le régulateur était à fréquence propre inférieure à la fréquence des oscillations $\frac{\varepsilon}{2\pi}$, m viendrait sur le demi-cercle inférieur Dm_1O et atteindrait finalement le point O pour un régulateur de fréquence propre nulle. On voit qu'il faut se tenir généralement au-dessus de la fréquence de résonance pour rendre $\overline{\Delta}$ maximum. D'ailleurs, la stabilité pour les oscillations libres exige que l'amortissement résultant reste positif, ce qui peut ne plus être réalisé pour la région du point m_1.

Deuxième cas : *Régulateur présentant un frottement fixe* F. — Considérons une oscillation sinusoïdale correspondant à l'harmonique fondamental seul. Au décrément logarithmique résultant $\delta' = \delta + \delta_F$ que nous avions obtenu pour les oscillations libres, on peut faire correspondre l'amortissement A'

$$A' = A + \frac{\tau_r}{\pi^2}\delta_F \tag{13}$$

(le degré d'amortissement α étant proportionnel en première approximation au décrément logarithmique α, c'est-à-dire $\approx \frac{\delta}{\pi}$).

Les développements précédents subsistent donc à la seule condition de

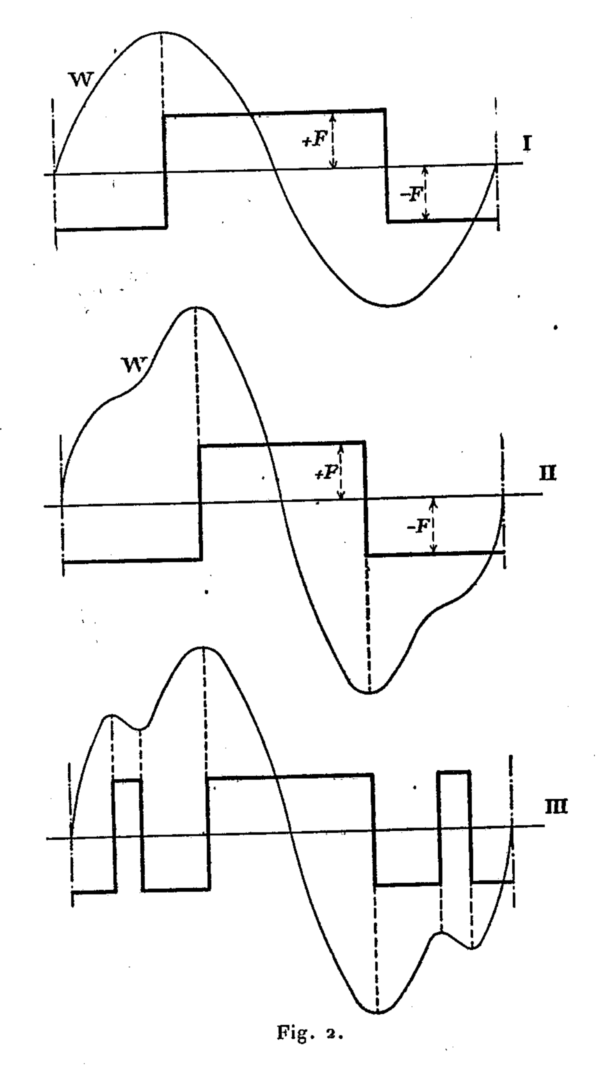


Fig. 2.

remplacer partout A par A'. Le demi-cercle BmO du diagramme n'est pas à modifier, et le point m viendrait en m'; l'angle Ψ_1 (harmonique fondamental $n = 1$) prend la valeur plus grande Ψ'_1, définie encore par (5) où l'on remplace A par A'.

On peut aussi représenter le frottement (*fig.* 2, I) par une onde périodique

rectangulaire d'amplitude F, de vitesse de pulsation $\varepsilon = \Omega$, et décalée d'un quart de période en avance sur la position de la valve, comme le montre la figure 1. Développons cette onde en série de Fourier :

$$(14)\quad \sum \frac{4}{\pi}\frac{F}{n}\sin n\left(\varepsilon t+\frac{\pi}{2}\right) = \frac{4}{\pi}F\cos\varepsilon t - \frac{4}{3\pi}F\cos 3\varepsilon t + \frac{4}{5\pi}F\cos 5\varepsilon t - \ldots$$
$$= F_1\cos\varepsilon t - F_3\cos 3\varepsilon t + F_5\cos 5\varepsilon t - \ldots$$

et conservons seulement le premier terme de cette série ($n = 1$). L'équation (1) de départ devient en notation complexe

$$(15)\quad W_1[-\varepsilon^2 G + 1 + j\varepsilon A'] = -j\varepsilon N\Theta_1$$

avec

$$A' = A + \frac{F_1}{\varepsilon W_1}.$$

L'effet du frottement fixe F revient donc également à remplacer A par A′ dans la théorie développée plus haut et dans l'expression de Ψ_n. Graphiquement, il faudra remplacer le vecteur mO, qui représente l'amplitude W_1 à une échelle convenable, par un nouveau vecteur $m'O$ faisant avec le précédent un angle λ_n. Cette construction peut se faire par approximation successive, en menant d'abord mm'' perpendiculaire à Om en avance de $\frac{\pi}{2}$ sur mO et qui représente F_1 à la même échelle que W_1 ; c'est-à-dire que l'on fera $mm'' = \frac{F_1}{W_1}\overline{Om}$. Alors $m''O$ nous donnera $W_1\left(1 + j\frac{F_1}{W_1}\right)$. Puis on rectifiera en faisant $mm'' = \frac{F_1}{W_1}Om'$ et ainsi de suite sur le nouvel Om' obtenu, jusqu'à ce que le point m' obtenu reste sensiblement invariable. Finalement, le nouveau vecteur $\overline{\Delta}_r$ sera représenté par Om', puisqu'en vertu de la relation (7) le frottement fixe ne modifie pas le diamètre du demi-cercle BmO.

Quand l'oscillation de W n'est plus sinusoïdale, deux cas sont à considérer suivant que la courbe $W = f(t)$ présente ou non des maxima et des minima autres que ceux qui correspondent à l'harmonique fondamental. Dans le premier cas (*fig.* 2, II), le frottement fixe se traduit par une onde rectangulaire qui change de signe après chaque maximum et chaque minimum. Dans le second cas (III), l'onde rectangulaire représentant F a la vitesse de pulsation de l'harmonique fondamental de w. Dans ces deux cas, on devrait développer F en série de Fourier et introduire, dans le diagramme établi pour l'harmonique de pulsation $\varepsilon = n\Omega$ du couple imposé,

l'harmonique de même pulsation déduit de ce développement, en tenant compte également du décalage de phase de ces deux harmoniques.

La question devient alors trop compliquée pour être d'un intérêt pratique.

Remarque I. — Le diagramme donne rapidement la valeur algébrique de Δ, et l'angle Ξ d'avance de $\overline{\Delta}$ sur l'angle des puissances élastiques, en projetant sur les deux axes :

$$(16)\quad \Delta^2 = (c_1 - \varepsilon^2 K_1)^2 + \varepsilon^2 b_1^2 + 2\frac{Q_1\varepsilon}{1-\varepsilon^2 G}\cos\Psi_n \times [(c_1-\varepsilon^2 K_1)\sin(\Phi_n+\Psi_n) - \varepsilon b_1 \cos(\Phi_n+\Psi_n)] + \frac{Q_1^2\varepsilon^2}{(1-\varepsilon^2 G)^2}\cos^2\Phi_n,$$

$$(17)\quad \operatorname{tang}\Xi = \frac{(1-\varepsilon^2 G)\varepsilon b_1 + Q_1\varepsilon\cos\Psi_n\cos(\Phi_n+\Psi_n)}{(1-\varepsilon^2 G)(c_1-\varepsilon^2 K_1) + Q_1\varepsilon\cos\Psi_n\sin(\Phi_n+\Psi_n)}.$$

La discussion algébrique de ces deux relations serait très compliquée et beaucoup moins claire que celle que donne le diagramme.

M. H. Andoyer s'exprime ainsi :

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie le tome premier de mon *Cours de Mécanique céleste;* cet ouvrage est le développement des leçons que je consacre chaque année, pendant un semestre, depuis 1912, à l'enseignement de la Mécanique céleste. M'adressant aux astronomes praticiens, et plus précisément encore aux astronomes calculateurs, j'ai tenté d'exposer de la façon la plus simple, mais en même temps la plus complète, les solutions *pratiques* que donne l'Astronomie aux problèmes *réels* de la Mécanique céleste; et je me suis attaché presque exclusivement à développer, d'une façon systématique, les méthodes qui conduisent aux calculs les plus simples et les plus sûrs, prenant constamment soin de les éclairer par des applications à des problèmes concrets.

L'objet principal du présent volume est l'étude complète du mouvement képlérien, comprenant le problème de la détermination des orbites et le calcul numérique des perturbations; on y trouvera aussi le commencement de la théorie des planètes, c'est-à-dire le développement analytique de la fonction perturbatrice.

M. Adrien Blanchet, Membre de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres, fait hommage d'une brochure intitulée : *Contribution à l'Histoire de l'Anatomie (Dissection, Vivisection).*

M. H. Le Chatelier fait hommage d'une brochure contenant un discours de M. Maxime Laubeuf et un autre de M. Léon Guillet, *sur l'évolution scientifique de la métallurgie.*

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Section de Géographie et Navigation, en remplacement de M. *L. Favé*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 59,

M. Louis Gentil	obtient	23 suffrages
M. Jean Tilho	»	15 »
M. Eugène Fichot	»	11 »
M. Georges Perrier	»	9 »
M. Édouard Perrin	»	1 suffrage

Au second tour de scrutin, le nombre de votants étant 59,

M. Louis Gentil	obtient	32 suffrages
M. Jean Tilho	»	22 »
M. Eugène Fichot	»	4 »
M. Georges Perrier	»	1 suffrage

M. Louis Gentil, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

Par la majorité absolue des suffrages, M. **H. Deslandres**, remplaçant M. *G. Lippmann*, décédé, et M. **Th. Schlœsing**, réélu, sont désignés pour représenter, concurremment avec MM. les Secrétaires perpétuels, l'Académie au sein de la *Commission de la Maison de l'Institut de France à Londres.*

PLIS CACHETÉS.

M. André Blondel demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 21 octobre 1918 et inscrit sous le n° 8584.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, renferme une Note relative au *Calcul élémentaire du régime forcé dans la théorie de deux réactions quand on néglige les résistances de l'armature*.

Conformément à la demande de l'auteur, un extrait de cette Note sera inséré aux *Comptes rendus*.

CORRESPONDANCE

M. le Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts invite l'Académie à élire quatorze de ses Membres qui doivent représenter au sein du *Conseil national de l'Office national des recherches scientifiques et industrielles et des inventions*.

M. Driencourt écrit à l'Académie qu'il retire la candidature qu'il avait posée à la place vacante dans la Section de Géographie et Navigation par suite de la mort de M. *L. Favé*.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Critique des théories einsteinniennes. La relativité et la loi de l'attraction universelle*, par H. Duport.

2° *Une Carte de la vallée de Sales et du cirque des Fonts* (*Alpes calcaires du Faucigny*), *à l'échelle du* 20000e, avec une *Notice*, par M. Robert Perret. (Présenté par M. P. Termier.)

3° *The New Heavens*, by George Ellery Hale.

4° *Electrodynamic wave. Theory of physical forces*. Volume II : *New theory of the aether*, by T. J. J. See.

ARITHMÉTIQUE. — *Interprétation géométrique de la généralisation de l'algorithme des fractions continues donnée par Voronoï.* Note de M. **Boris Delaunay**, présentée par M. Hadamard.

Le grand Mémoire : *Sur une généralisation de l'algorithme des fractions continues*, publié en russe en 1896 par Voronoï, est un de ses plus beaux travaux, mais son exposition, purement arithmétique, ne faisait nullement soupçonner la vraie méthode qui lui sert de base. J'en ai trouvé une interprétation géométrique simple.

Je me bornerai ici au cas des cylindres. Soit donné un système d'axes rectangulaires x, y, z et un système O de points ω distribués régulièrement (Bravais) dans l'espace, dont l'un o coïncide avec l'origine des coordonnés et qui est, à cela près, irrationnel par rapport aux axes, c'est-à-dire qu'aucun des points O, autre que o, n'est situé sur les plans xy, xz, yz. Dans tout ce qui suit, il nous suffit d'envisager seulement les points de O situés au-dessus du plan des xy. Nous nommons un point ω du système *minimum relatif* si le cylindre droit de révolution autour de l'axe des z, ayant sa base inférieure sur le plan des xy et dont la circonférence de base supérieure passe par ω, n'a pas d'autres points situés ni en dedans ni sur la surface outre les points o et ω. Soit ω_0 un minimum; il y aura toujours une infinité de minima $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \ldots$ dont les cylindres auront consécutivement le rayon de plus en plus grand et la hauteur de plus en plus petite; nous les nommerons les minima inférieurs par rapport à ω_0; nous nommerons contigus deux minima consécutifs ω_i et ω_{i+1}, qui n'ont pas de minimum intermédiaire. Il y aura de même une infinité de minima supérieurs à ω_0, mais nous n'allons pas les utiliser. Nous nommerons généralisation des fractions continues pour les cylindres, tout algorithme permettant de trouver tous les minima consécutifs dans O. La question analogue pour les rectangles dans le plan, représente l'algorithme des fractions continues simples.

Nous dirons que nous « transformons » le système O par $\omega(x, y, z)$ si nous faisons une dilatation du système envers le plan des xy avec le coefficient de dilatation $\frac{1}{z}$, une contraction envers l'axe z avec le coefficient $\sqrt{x^2+y^2}$ et si nous tournons le système autour de l'axe des z de arc tang $\left(\frac{y}{x}\right)$. Nous désignerons le nouveau système par $\frac{O}{\omega}$. En nommant 1 le point ayant pour coordonnées (1, 0, 1), nous voyons que le point ω se « transforme » en

point 1. Il est facile de voir que le système $\frac{O}{\omega}$ est aussi régulier et que ses minima relatifs sont les transformés de O. Si 1 n'était pas un point de O, nous pourrions prendre un point quelconque de O et, transformant par ce point, nous obtiendrions alors un système dans lequel 1 est un point du système. Nous ne nous occuperons que de tels systèmes.

Comme o et 1 sont deux points du système O, tous ses points peuvent être disposés sur des droites d parallèles à o1 dont les intersections avec le plan xy donnent un système S de points distribués régulièrement sur le plan xy, dont l'un des points est le point o et envers lequel les axes des x et des y sont irrationnels. Envisageons l'hexagone « réduit » de S ayant pour centre le point o, c'est-à-dire constitué par six triangles acutangles de S entourant o. Nommons o, (1, 0) (0, 1) les sommets de celui de ces six triangles qui enveloppe l'axe des x négatif et tous les autres points de S relativement (i, k). Désignons par $(\overline{i, k})$ le premier point de O au-dessus du plan xy sur la droite d passant par (i, k) (ces points auront $0 < z < 1$). Nous allons démontrer le théorème suivant : *Celui des sept points* $(\overline{1, 0})$, $(\overline{0, 1})$, $(\overline{1, -1})$, $(\overline{-1, 1})$, $(\overline{-1, 0})$, $(\overline{0, -1})$, $(\overline{1, 1})$ *qui est à la plus courte distance de l'axe des z est, si* (I) 1 *est un minimum relatif dans* O, *le minimum relatif dans* O *contigu à* 1 *inférieur, et si* (II) 1 *n'est pas minimum relatif dans* O, *un point de* O *situé dans le cylindre de* 1. Disons, pour cela, que le système S' est « approximativement » régulier à S, si tous les points de S' sont liés aux points de S biunivoquement, avec la condition que chaque point de S' se trouve sur le plan des xy dans un domaine σ lié au point correspondant de S, tous les domaines σ étant égaux et également situés chacun par rapport à son point de S. Soient ρ le rayon du plus petit cercle décrit d'un point de S comme centre et contenant tout le domaine σ correspondant et a le plus petit paramètre du système S, il est facile de démontrer que le point le plus près du point o de S appartient au $n^{\text{ième}}$ des hexagones réduits concentriques ayant leur centre en o, où $n \leqq \left(\frac{2\rho}{a} + 1\right)\sqrt{2}$. Désignons par $(\overline{\overline{i, k}})$ les projections orthogonales des points (i, k) sur le plan xy; ce système S' est approximativement régulier à S et $\rho = 1$.

Si 1 est un minimum relatif dans O, le plus petit paramètre de S est plus grand que $\frac{\sqrt{3}}{2}$ puisque le cylindre de 1 prolongé en bas symétriquement par rapport au plan des xy et tous les cylindres analogues ayant pour centres les points o, 1, 2, 3, ... qui sont situés sur la droite d_0 passant par o ne contiennent pas de points de O; autres que ceux situés sur la droite d_0; ces

cylindres forment par leur ensemble un corps de longueur infinie qui contient dans son intérieur le cylindre infini ayant pour directrice le cercle dans le plan des xy avec o comme centre et $\frac{\sqrt{3}}{2}$ pour rayon et dont les génératrices sont parallèles aux droites d; par suite, aucune droite d autre que d_0 ne peut avoir son point d'intersection avec le plan des xy en dedans du cercle de centre o et de rayon $\frac{\sqrt{3}}{2}$. Nous en déduisons que $n \leqq 4$. Sur ces quatre hexagones il y a en tout 60 points de S, mais c'est seulement l'un des sept points en question qui peut être le plus près de tous de l'axe des z. Si (II) 1 n'est pas un minimum relatif dans O, alors on peut démontrer que le point en question sera dans le cylindre de 1. C. Q. F. D.

Le choix, pour chacun des trois couples de points

$$(\overline{1, 0})\,(\overline{1, 0});\;(\overline{0, 1})\,(\overline{0, -1});\;(\overline{-1, 1})\,(\overline{1, -1})$$

de celui qui est le plus près de l'axe Oz, peut être encore facilité.

Soit donc donné un système O′; (I) si 1 est minimum relatif dans O′, nous trouvons par le théorème (c'est-à-dire au moyen de sept essais) le minimum ω'_1, nous transformons O′ par ω'_1 soit $\frac{O'}{\omega'} = O''$; nous trouvons par le théorème, le minimum ω''_1 dans O″, nous transformons O″ par ω''_1 et ainsi de suite. Comme $\omega''_1 = \frac{\omega'_2}{\omega''_1}$; $\omega'''_1 = \frac{\omega''_2}{\omega''_1} = \frac{\omega''_2}{\omega'_1}$, ..., nous trouvons les minima consécutifs de O′ par les formules

$$\omega'_2 = \omega'_1\,\omega''_1; \qquad \omega'_3 = \omega''_1\,\omega''_1\,\omega'''_1; \qquad \ldots;$$

(II) si 1 n'est pas un minimum dans O′, alors nous trouvons par le théorème un point θ'_1 dans le cylindre 1; nous transformons par ce point et obtenons le système O″; nous trouvons par le théorème dans O″, le point θ''_1, etc. Ainsi, nous trouvons dans le système O′ des points $\theta'_1, \theta'_2, \theta'_3, \ldots$ qui sont chacun situés dans le cylindre du précédent et tous dans le cylindre 1; mais comme dans la région commune à o et dans le cylindre 1, il n'y a qu'un nombre fini de points, il n'y aura *a fortiori* qu'un nombre fini de termes dans la série $\theta'_1, \theta'_2, \theta'_3, \ldots$, et nous arriverons enfin au cas (I), c'est-à-dire à un O^k dans lequel 1 est un minimum.

La discussion des systèmes consécutifs O^k est facilitée par la remarque que dans chaque O les points o, 1, ω_1 et ω^*_1 (où ω_1 est celui des sept points qui est après ω_1 le plus près de l'axe des z) forment un tétraèdre fondamental.

ALGÈBRE. — *Expression des déterminants les plus généraux d'une matrice en fonction des sections.* Note de M. **Maurice Lecat.**

Étant donnée une matrice $M \equiv \| F(i_1, \ldots, i_n) \|_p$, d'ordre p et de classe n, définissons-en les *déterminants de genre* g, en langage géométrique et algébrique. Le genre est g si les éléments de chaque terme sont dans une couche à g dimensions, sans que le terme ait plus d'un élément dans une couche de classe $< g$; et le déterminant $\underset{g}{\Delta}(\tau_1, \ldots, \tau_\nu)$, de genre g et d'espèce ν (paire), à rangs signants $\tau_1, \ldots, \tau_\nu$, est la somme des déterminants, de mêmes ν et τ, et de genre g, des couches de classe g de M. Dans ces *déterminants partiels*, en nombre $\pi \equiv p^{n-g}\binom{n}{g}$, les rangs se comptent en omettant les *indices constants*.

Le déterminant partiel de classe g :

$$\Big| F\big(h_1, \ldots, h_{\mu_1-1}, \overset{\cup}{\gamma_1}, h_{1+\mu_1}; \ldots; h_{-1+\mu_{\tau_1-1}}, \overset{\cup}{\gamma_{\tau_1-1}}, h_{1+\mu_{\tau_1-1}}, \ldots, h_{-1+\mu_{\tau_1}}, \overset{\cap}{\gamma_{\tau_1}}, h_{1+\mu_{\tau_1}}, \ldots, h_{-1+\mu_{1+\tau_1}}, \overset{\cup}{\gamma_{1+\tau_1}}, h_{1+\mu_{1+\tau_1}}; \ldots$$
$$\ldots;\, ; h_{-1+\mu_{\tau_\nu-1}}, \overset{\cup}{\gamma_{\tau_\nu-1}}, h_{1+\mu_{\tau_\nu-1}}, \ldots, h_{-1+\mu_{\tau_\nu}}, \overset{\cap}{\gamma_{\tau_\nu}}, h_{1+\mu_{\tau_\nu}}, \ldots, h_{-1+\mu_{\tau_\nu+1}}, \overset{\cup}{\gamma_{\tau_\nu+1}}, h_{1+\mu_{\tau_\nu+1}}; \ldots; h_{-1+\mu_g}, \overset{\cup}{\gamma_g}, h_{1+\mu_g}, \ldots, h_n\big) \Big|_{(\gamma=1,\ldots,p)}$$

dont la matrice est, dans M, orientée par les rangs μ des *indices variables* γ et située par les valeurs des $n-g$ indices constants h, s'exprime par

$$\delta \equiv \Delta_h^{(\mu_1,\ldots,\mu_g)}[\tau_1, \ldots, \tau_\nu] \equiv \frac{1}{p!}\sum_{\omega=1}^{p} \prod_{1}^{\nu}{}^{N} (\pm\omega_{\tau_N}) \prod_{1}^{g}{}^{G} (\pm\omega_G)^2 \prod_{1}^{p}{}^{\alpha} F(h_1, \ldots, h_{\mu_1-1}, \omega_1^{(\alpha)}, h_{\mu_1+1}; \ldots; h_{-1+\mu_g}, \omega_g^{(\alpha)}, h_{1+\mu_g}, \ldots, h_n).$$

En donnant toutes leurs valeurs aux h et aux μ (avec $\mu_1 < \mu_2 < \ldots < \mu_g$), on obtient l'ensemble des π déterminants partiels, dont la somme

$$\sum_{h=1}^{p}{}' \sum_{\mu=1}^{n}{}'' \Delta_h^{(\mu_1,\ldots,\mu_g)}[\tau_1, \ldots, \tau_\nu],$$

Σ et Σ'' étant g^{uples} et Σ' d'ordre $n-g$, exprime $\underset{g}{\Delta}(\tau_1, \ldots, \tau_\nu)$.

Tout déterminant de genre g de M possède $\pi(p!)^{g-1}$ termes et, hors le cas spécial du *permanent* (*de genre* g), donné par $\nu = 0$, il y en a la moitié de positifs. L'espèce ν pouvant prendre, depuis 0, les valeurs paires $\leqq g$, une matrice M possède

$$\text{(N)} \qquad \sum_{g=1}^{n} \sum_{\psi=0}^{E[g:2]} \binom{g}{2\psi} = 2^n - 1$$

déterminants, dont 2^{g-1} de genre g et $\sum_{g=\nu}^{n}\binom{g}{\nu}$ d'espèce ν. Admettant $g=0$, (N) devient 2^n; mais alors la disposition des éléments dans M est arbitraire, $\underset{0}{\Delta}$ étant la somme de leurs puissances p.

Ayant défini les déterminants au sens le plus général, exprimons-les en fonction des *sections* (¹). Soit $(S) \equiv S_h^{(\mu_1,\ldots,\mu_g)}(\theta_1, \ldots, \theta_s)$ la *section partielle* somme de ceux des termes de δ, où les *arguments* $\theta_1, \ldots, \theta_s$ sont, par ordre de grandeur croissante, les rangs des γ à rangées négatives. Ces termes sont positifs dans (S). La *caractéristique* $(\theta_1, \ldots, \theta_s)$ dépend évidemment de l'ordre [arbitraire (²)] des éléments dans le terme; il y a 2^{g-1} caractéristiques distinctes et tout δ possède ainsi 2^{g-1} sections. L'une, somme des *termes permanents*, est la *section permanente*, $S_h^{(\mu_1,\ldots,\mu_g)}$, où s est nul. Il y a 2^{g-s-1} sections ayant s arguments déterminés. Chacune comporte $(p!:2)^{g-1}$ termes et comprend tous les éléments de δ, sauf si $p=2$, chaque section n'ayant alors qu'un terme.

Pour obtenir un système complet de caractéristiques distinctes, on peut, avec Tanner, faire usage d'un rang ordonnateur, le même pour tous les termes. Ou bien on opère ainsi :

a. g étant impair, on prend les combinaisons des classes $1, 2, \ldots, (g-1):2$ de $1, \ldots, g$;

b. Si g est pair, on retient celles des classes $1, 2, \ldots, (g:2)-1$ et l'on choisit une moitié des combinaisons de classe $(g:2)$, par exemple celles exemptes de certain chiffre arbitraire.

Si g est pair, la méthode de Tanner se justifie donc, du moins pour les sections à $(g:2)$ arguments; mais pour g impair, elle complique les notations et, on le verra, donne des formules moins symétriques.

Tout $\underset{g}{\Delta}$ comporte $\pi.2^{g-1}$ sections partielles, dont π permanentes. En sommant les (S) par rapport aux h et aux μ, on obtient les 2^{g-1} *sections totales*, $S(\theta_1, \ldots, \theta_s)$. En affectant chaque section de (-1) à une puissance égale au nombre des rangées négatives, on obtient, pour $\underset{g}{\Delta}(\tau_1, \ldots, \tau_\nu)$, les expres-

---

(¹) Le mot est de H.-W. Lloyd Tanner, qui, dans ses « Notes on determinants of n dimensions » (*Proc. London Math. Soc.*, 1re série, t. 8, 1878-1879, p. 167-180, § 7), eut l'idée d'exprimer un déterminant par ses sections. Il ébauche la question, pour un cas très spécial. Nous sommes revenu sur le sujet, en 1910 et en 1914, mais sans le traiter d'une manière aussi générale et précise qu'ici.

(²) En vertu du théorème de Cramer-Bézout généralisé.

sions

$$\sum_{h=1}^{p}\sum_{\mu=1}^{n}(\pm_{\mu})^2\left[S_h^{(\mu_1,\ldots,\mu_g)}+\sum_{s=1}^{E[g:2]}\sum_{\theta=1}^{g}(-1)^{\sum\limits_{\varkappa=1}^{\nu}\sum\limits_{\sigma=1}^{s}\delta_{\tau_\varkappa,\theta_\sigma}}S_h^{(\mu_1,\ldots,\mu_g)}(\theta_1,\ldots,\theta_s)\right],$$

$$(\nabla)\qquad S+\sum_{s=1}^{E[g:2]}\sum_{\theta=1}^{g}(-1)^{\sum\limits_{\varkappa=1}^{\nu}\sum\limits_{\sigma=1}^{s}\delta_{\tau_\varkappa,\theta_\sigma}}S(\theta_1,\ldots,\theta_s),$$

respectivement en fonction des sections partielles ou totales. La sommation en s est soumise aux restrictions étudiées ci-dessus.

Si $g=n$, cas jusqu'ici le plus important (notamment pour l'invariantologie), sections partielles et totales se confondent et $\Delta(\tau_1,\ldots,\tau_\nu)$ s'exprime encore par (∇), mais n remplaçant g.

Dans le cas particulier des permanents, l'exposant de (-1) s'annule. Si, g étant impair, $\nu=g-1$, on a les g *quasi-persignants de genre* g; pour celui à non-signance de rang r, l'exposant de (-1) devient $s-\sum\limits_{\sigma=1}^{s}\delta_{r,\theta_\sigma}$, la limite supérieure L de s étant $(g-1):2$; si, pour g pair, $\nu=g$, on a affaire au *persignant de genre* g et L vaut $(g:2)$, l'exposant de (-1) étant s.

Si la notation des sections se fait en choisissant α pour rang ordonnateur, θ prend les valeurs $1,\ldots,\alpha-1,\alpha+1,\ldots,g$ et $L=g-1$.

De (∇) il résulte que pour passer d'un déterminant Δ à un autre Δ', tous deux de M et du même genre, mais d'espèces quelconques, on change les signes des 2^{g-2} sections à nombre impair de θ égaux aux rangs des signances se modifiant de Δ à Δ'. Deux codéterminants de même genre ne diffèrent donc que par la moitié des signes. En particulier, si, g étant pair, Δ et Δ' sont *alliés*, c'est-à-dire à signances complémentaires, les seules sections dont le signe se conserve sont celles à nombre pair d'arguments.

L'expression (∇) servira à étudier la *mérogénéité*, consistant en l'égalité entre codéterminants, de mêmes genre et espèce, de matrices particulières.

GÉOMÉTRIE ALGÉBRIQUE. — *Sur les surfaces du quatrième degré à quinze points doubles et les fonctions abéliennes singulières.* Note de M. C.-E. TRAYNARD, présentée par M. Appell.

G. Humbert [1] a signalé le premier que certaines fonctions abéliennes singulières peuvent être prises pour coordonnées d'un point de surfaces du quatrième degré à quinze points doubles.

D'autre part, j'ai considéré, dans ma thèse [2], une de ces surfaces obtenue avec les fonctions abéliennes non singulières de diviseur trois, et L. Rémy [3] a étudié complètement l'ensemble de ces surfaces pour les différentes valeurs possibles du diviseur qui sont de la forme $2p^2+1$ [4].

Il résulte de ces travaux que :

1° Étant données les fonctions abéliennes singulières du tableau T_1 dont les périodes satisfont à la relation

$$g+\beta h-\gamma g'=0, \tag{1}$$

celles de ces fonctions qui sont paires, de caractéristique nulle, d'indices $2l$, $2k$, avec la condition

$$l^2+\beta kl-\gamma k^2=2p^2+1 \tag{2}$$

et qui admettent la demi-période 0,0 pour zéro d'ordre $4p$, sont les coordonnées d'un point d'une surface du quatrième degré à quinze points doubles possédant une unicursale singulière d'ordre $4p$.

2° Étant données les fonctions abéliennes non singulières du Tableau T^2_{2p+1} celles de ces fonctions qui sont paires, de caractéristique nulle, d'indices 2,0 [ou d'ordre $2(2p^2+1)$] et qui admettent la demi-période 0,0 pour zéro d'ordre $4p$, sont les coordonnées d'un point d'une surface du quatrième degré à quinze points doubles possédant une unicursale singulière d'ordre $4p$.

J'ai démontré que toute surface de la première définition se transforme dans une surface de la seconde, mais que la réciproque n'est pas vraie.

La relation (2) exige que les formes quadratiques

$$(1, \beta, -\gamma) \quad \text{et} \quad (2p^2+1, \beta', -\gamma')$$

---

(1) *Comptes rendus*, t. 129, 1899, p. 640.

(2) *Annales de l'École Normale supérieure*, t. 24.

(3) *Bulletin de la Société mathématique*, t. 35, p. 53.

(4) Je laisse de côté le cas relativement exceptionnel, où $2p^2+1$ admet des facteurs carrés, et qui se traite d'ailleurs sans difficulté.

soient de même classe. Si alors on cherche une transformation singulière d'indices l_2, k_2 qui fasse passer de la relation singulière (1) à la relation

$$(3) \qquad (2p^2+1)\mathcal{G} + \beta'\mathcal{H} - \gamma'\mathcal{G}' = 0,$$

les indices satisfont aux relations

$$\begin{aligned} 0 &= k_2(\beta k + 2l) + \varepsilon k[\beta' k_2 + 2(2p^2+1)l_2], \\ 4(2p^2+1) &= (\beta k + 2l)[\beta' k_2 + 2(2p^2+1)l_2] + \varepsilon \Delta k k_2, \end{aligned} \quad (^1)$$

qui donnent, pour $k \neq 0$,

$$(4) \qquad (2p^2+1)l_2^2 + \beta' l_2 k_2 - \gamma' k_2^2 = 1.$$

Il est facile de voir, en raison de l'équivalence des formes, que les systèmes de solutions de (2) et de (4) s'associent de la façon suivante :

$$k_2 = -k, \qquad l_2 = \frac{(\beta+\beta')k + 2l}{2(2p^2+1)}.$$

La détermination de la transformation, qui est d'ordre un d'après (4), se fait sans difficulté. Le problème est ainsi complètement résolu et la surface transformée n'est autre que la surface à quinze points doubles du Tableau T_{2p^2+1} particularisée par l'existence de la relation (3), dont les coefficients satisfont aux conditions énoncées plus haut.

Réciproquement, toute surface à quinze points doubles particularisée par une relation (3) de cette nature peut être transformée en une surface à quinze points doubles définie par des fonctions abéliennes singulières du Tableau T_1.

Comme on peut particulariser la surface du Tableau T_{2p^2+1} par une relation singulière quelconque, la seconde définition est plus générale que la première.

A un autre point de vue, il est bien clair que les surfaces à quinze points doubles ne figurent dans la démonstration que comme un guide pour indiquer quelles sont les fonctions qui doivent être transformées les unes dans les autres et que d'autres surfaces donneraient des transformations pour d'autres fonctions; par conséquent, les fonctions abéliennes singulières du Tableau T_1 sont des cas particuliers des fonctions abéliennes non singulières des Tableaux T_n.

Plus généralement, toute fonction abélienne singulière d'un Tableau T_n

(1) Pour ces relations relatives à la composition de deux transformations singulières, un Mémoire paraîtra dans un autre Recueil.

est cas particulier d'une certaine fonction abélienne non singulière d'un Tableau $T_{n'}$. Autrement dit, et pour revenir au point de vue géométrique, une surface définie par des fonctions abéliennes singulières du Tableau T_n est cas particulier d'une surface non singulière d'un Tableau $T_{n'}$, la particularisation consistant dans l'existence d'une relation singulière entre les périodes.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les variétés à torsion totale nulle, de l'espace euclidien.* Note de M. **René Lagrange**, présentée par M. Émile Borel.

Les notations employées dans cette Note ont été exposées dans deux Notes précédentes [1]. Dans la dernière de ces Notes, j'avais défini les covariants (2, 1), désignés par les symboles P^{α}_{ab}; de ceux-ci se déduit le covariant simple $\sum_a P^{\alpha}_{aa}$, dont j'avais appelé la longueur « courbure moyenne externe » et que M. Bompiani [2], qui l'avait mis en évidence par d'autres considérations, a dénommé la « normale de courbure moyenne ».

C'est la seule direction, normale à la V_p, que permettent de particulariser les éléments infinitésimaux du deuxième ordre. Il est clair que la notion ordinaire de directions conjuguées permet d'associer, à un vecteur normal quelconque une hyperquadrique de l'espace tangent, définie à une homothétie près, et que l'on appellera son indicatrice.

Les indicatrices de tous les vecteurs normaux constituent un faisceau linéaire à q paramètres. Pour que les indicatrices de deux vecteurs a^{α}_i, a^{β}_i, orthogonaux entre eux, soient coaxiales, il faut et il suffit que les expressions

$$Q^{\alpha\beta}_{ab} = \sum_c (P^{\alpha}_{cb} P^{\beta}_{ca} - P^{\alpha}_{ca} P^{\beta}_{cb}) \quad (a, b = 1, 2, \ldots, p)$$

soient toutes nulles. Les $Q^{\alpha\beta}_{ab}$ sont des covariants (2, 2) qui s'introduisent dans les relations entre les courbures de la V_p et de l'espace E_n.

Dans ce qui suit, E_n est euclidien. L'une des séries de relations entre les courbures de la V_p et de E_n devient alors $Q^{\alpha\beta}_{ab} = R^{\alpha\beta}_{ab}$.

Si tous les $R^{\alpha\beta}_{ab}$ sont nuls, on peut annuler toutes les rotations de tor-

---

(1) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 1325, et t. 174, 1922, p. 658.

(2) Bompiani, *Atti del real Istituto Venete di Scienze*, t. 80.

sion $R_a^{\alpha\beta}$, en prenant des axes normaux convenables. J'appelle « variété à torsion totale nulle » une variété qui possède cette propriété. Une V_p à torsion totale nulle, de l'espace euclidien, a donc toutes ses indicatrices coaxiales, et réciproquement.

Étant donné un point N de coordonnées $\rho^1, \rho^2, \ldots, \rho^q$ par rapport au q-èdre orthogonal, en M, à la V_p, les directions du_a le long desquelles doit se déplacer M pour que l'espace normal ait, en N, un point caractéristique, sont données par

$$du_b - \sum_{\alpha a} \rho^\alpha P_{ab}^\alpha du_a = 0 \qquad (b = 1, 2, \ldots, p).$$

Ce sont les p directions principales de la normale MN. A ces p directions, correspondent p points N sur cette normale, que l'on peut appeler ses pôles. Leur lieu est, dans l'espace, normal en M, la V_{q-1} polaire de degré p, qui engendre elle-même, dans E_n, la V_{n-1} polaire.

Théorème. — *Si la V_p est à torsion totale nulle, sa V_{q-1} polaire se décompose en p $(q-2)$-plans, et réciproquement (en supposant la V_p réelle).*

La V_{q-1} polaire d'une V_2 est encore l'enveloppe des traces, sur le $(q-1)$-plan normal, des q-plans normaux aux courbes de cette variété. Dans l'espace E_4, la courbe polaire d'une V_2 développable ([1]) est une hyperbole équilatère, et réciproquement.

Les variétés à torsion totale nulle possèdent une autre propriété remarquable. Quand M décrit une V_p, les points N qui décrivent des variétés parallèles sont définis par le système mixte

$$\overline{d_V} \rho^\alpha = 0 \qquad (\alpha, \beta = 1, 2, \ldots, q),$$
$$\sum_\beta R_{ab}^{\alpha\beta} \rho^\beta = 0 \qquad (a, b = 1, 2, \ldots, p).$$

Pour que par chaque point de E_n passe une variété parallèle à la V_p, il faut et il suffit que tous les $R_{ab}^{\alpha\beta}$ soient nuls. Les points N en question forment alors un système invariable, celui, justement, qui annule toutes les rotations de torsion de la V_p. Il est clair que toutes les V_p de la famille sont également à torsion totale nulle.

([1]) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 658.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur un criterium de la valeur probante de certaines expériences.* Note (¹) de M. **Stanislas Millot**, présentée par M. d'Ocagne.

I. Quand les résultats de deux expériences comparables sont différents, il est souvent utile de s'assurer que les différences ne peuvent être attribuées au hasard seul.

C'est le cas, en particulier, quand, par les variations du pourcentage de certains globules du sang, on s'efforce de montrer l'évolution d'une maladie, ou l'efficacité d'un traitement.

Le nombre des globules du sang est si considérable dans le corps humain qu'on peut pratiquement admettre qu'il est infini et que l'enlèvement de quelques gouttes, pour des analyses, n'influe pas sensiblement sur le pourcentage réel des diverses sortes de globules dans la masse du sang.

On est donc amené à résoudre le problème général ci-après.

II. Une urne contient des boules de plusieurs couleurs. On fait m tirages de boules, en ayant soin de remettre dans l'urne chaque boule tirée, et l'on constate qu'il est sorti r fois une boule noire.

Après avoir abandonné l'urne à des mains étrangères, qui ont pu en modifier le contenu, on fait une nouvelle série de m' tirages et l'on sort r' fois une boule noire.

Quelle est la probabilité d'un changement du pourcentage des boules noires, dans l'urne, entre les deux séries d'épreuves?

Nous avons montré (²) que, si l'on se donne un degré de certitude

$$P = \Theta(t),$$

on peut dire que le pourcentage (³) p des boules noires dans l'urne, lors de la première série d'épreuves, était compris entre deux limites z_1 et z_2 égales

(¹) Séance du 5 février 1923.

(²) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 30.

(³) Pour éviter toute confusion entre la probabilité simple par épreuve (p dans la première série, p' dans la seconde) et la probabilité P que p' diffère de p, nous pouvons employer, pour p et p', le mot *pourcentage*. Ce mot nous paraît en effet commode pour désigner le rapport du nombre réel des boules noires au nombre total des boules de l'urne, rapport qui est, par définition, la probabilité simple de sortie d'une boule noire dans un tirage isolé.

aux racines de l'équation

$$z^2(m+2t^2)-2z(r+t^2)+\frac{r^2}{m}=0. \tag{1}$$

Les limites du pourcentage p' des boules noires, lors de la deuxième série d'épreuves, seront de même données par l'équation analogue obtenue en remplaçant m et r par m' et r'.

Si nous faisons varier t de 0 à $+\infty$, les racines de chaque équation seront d'abord égales et auront pour valeurs, dans l'une $\frac{r}{m}$, dans l'autre $\frac{r'}{m'}$. Elles s'écarteront ensuite progressivement pour tendre, dans les deux cas, vers *zéro* et *un*.

Nous supposons différents les rapports $\frac{r}{m}$ et $\frac{r'}{m'}$; tant que t n'aura pas atteint une valeur minimum, pour laquelle les deux équations en z auront une racine commune, les intervalles qui comprennent respectivement les pourcentages p et p' seront entièrement distincts.

En raison du lien étroit que nous avons établi entre la probabilité *a posteriori* et la probabilité *a priori*, nous pouvons admettre que la valeur

$$P=\Theta(t),$$

correspondant à la valeur de t où les intervalles commencent à chevaucher, est une évaluation *minimum* de la probabilité d'une modification du contenu de l'urne.

En exprimant que les deux équations en z ont une racine commune, on trouve

$$t=\sqrt{\frac{1}{2\alpha}\left(\beta\pm\sqrt{\beta^2-\alpha\gamma}\right)}. \tag{2}$$

Le signe convenable, devant le radical intérieur, doit être choisi d'après les valeurs particulières de α, β, γ :

$$\left\{\begin{aligned}
\alpha &= \left(\frac{r'^2}{m'}-\frac{r^2}{m}\right)\left(\frac{r'^2}{m'}-\frac{r^2}{m}+m'-m+2r-2r'\right),\\
\beta &= \left(\frac{r'^2}{m'}-\frac{r^2}{m}\right)\left(mr'-m'r-m\frac{r'^2}{m'}+m'\frac{r^2}{m}\right)\\
&\quad+\left(r\frac{r'^2}{m'}-r'\frac{r^2}{m}\right)(m-m'+2r'-2r),\\
\gamma &= \left(m\frac{r'^2}{m'}-m'\frac{r^2}{m}\right)^2-4(mr'-m'r)\left(r\frac{r'^2}{m'}-r'\frac{r^2}{m}\right).
\end{aligned}\right. \tag{3}$$

III. Quand $m'=m$, les calculs sont simplifiés; la racine commune en z est $\frac{r+r'}{2m}$ et il suffit de la porter dans l'équation (1) pour obtenir aisé-

ment t :

(4) $$t=\sqrt{\frac{m(r-r')^2}{2(r+r')[2m-(r+r')]}}.$$

Si l'on multiplie r, r' et m par un facteur λ, les rapports $\frac{r}{m}$ et $\frac{r'}{m'}$ ne sont pas modifiés, mais t est multiplié par $\sqrt{\lambda}$. La précision du résultat augmente donc avec le nombre m des épreuves faites.

IV. Si, dans un système de coordonnées rectangulaires z et t, on trace la courbe définie par l'équation (1), elle a un point de rebroussement sur l'axe des z et se compose de deux branches partant de ce point et asymptotes respectivement aux droites $z=0$ et $z=1$.

La méthode habituellement adoptée pour la recherche de la probabilité, *a posteriori*, ne peut convenir pour la présente étude, car elle équivaut au remplacement des branches de courbe par leurs tangentes au point de rebroussement, remplacement qui est surtout inadmissible quand $\frac{r}{m}$ $\left(\text{ou } \frac{r'}{m'}\right)$ est nul ou égal à l'unité.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur le mouvement rotationnel, mais permanent, des liquides doués de viscosité, lorsque les trajectoires sont planes et verticales.* Note de M. J. GRIALOU.

On sait que les équations différentielles du mouvement des liquides doués de viscosité, lorsque le régime est permanent et que les trajectoires sont planes et verticales, sont, avec les notations habituelles,

(1) $$-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x}+\frac{\mu}{\rho}\Delta u=\frac{du}{dt};\qquad -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial z}-g+\frac{\mu}{\rho}\Delta w=\frac{dw}{dt};$$

μ est le coefficient de viscosité, u et w les composantes de la vitesse V, p la pression, ρ la densité, g l'accélération de la pesanteur.

En différentiant la première par rapport à z, la deuxième par rapport à x et retranchant, on obtient en tenant compte de ce que

(2) $$\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial w}{\partial z}=0;$$

(3) $$\frac{\mu}{\rho}\Delta\left(\frac{\partial u}{\partial z}-\frac{\partial w}{\partial x}\right)=2\frac{\mu}{\rho}\Delta\eta=2\frac{d\eta}{dt}=2\left(u\frac{\partial\eta}{\partial x}+w\frac{\partial\eta}{\partial z}\right),$$

en désignant par η le tourbillon $\frac{1}{2}\left(\frac{\partial u}{\partial z}-\frac{\partial w}{\partial x}\right)$.

Sur la trajectoire, on a

$$w\,dx - u\,dz = 0.$$

Posons

$$w = \frac{\partial\Phi}{\partial x}, \qquad u = -\frac{\partial\Phi}{\partial z},$$

il viendra

$$2\eta = -\left(\frac{\partial^2\Phi}{\partial z^2} + \frac{\partial^2\Phi}{\partial x^2}\right) = -\Delta\Phi$$

et, en portant dans (3),

$$(4) \qquad \frac{\mu}{\rho}\Delta\Delta\Phi = -\frac{\partial\Phi}{\partial z}\frac{\partial\Delta\Phi}{\partial x} + \frac{\partial\Phi}{\partial x}\frac{\partial\Delta\Phi}{\partial z}.$$

Telle est la relation déterminant analytiquement la fonction Φ. Si le liquide est parfait, $\mu = 0$, et l'on a

$$(5) \qquad -\frac{\partial\Phi}{\partial z}\frac{\partial\Delta\Phi}{\partial x} + \frac{\partial\Phi}{\partial x}\frac{\partial\Delta\Phi}{\partial z} = 0,$$

équation qui admet la solution

$$(6) \qquad \Delta\Phi = \mathrm{K}e^{\Phi}.$$

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Accroissement d'éclat de l'étoile* β Ceti. Dépêche de M. C. **Flammarion.**

Je me fais un devoir de signaler à l'Académie que M. Abbott, membre de la Société astronomique de France à Athènes, m'a informé, le 13 février, d'un subit accroissement d'éclat de l'étoile β *Ceti*. Cette étoile, normalement de deuxième grandeur, se montrait supérieure à Aldebaran, type de la première grandeur. Mise immédiatement à l'étude à mon observatoire de Juvisy, cette découverte a été confirmée.

ASTRONOMIE. — *L'évolution collective et discontinue des étoiles et des nébuleuses.* Note de M. **Émile Belot**, présentée par M. Bigourdan.

Dans les règnes organiques ou inorganiques, l'évolution est en général *discontinue* à masse variable (division cellulaire, émission de particules α, rayonnement par quanta) et *collective* en ce sens qu'elle dépend du milieu ambiant et du nombre d'individus évoluant dans un espace donné. Dans notre Univers, l'évolution des étoiles et des nébuleuses en dehors de leur phase individuelle doit être et avoir été collective et discontinue.

La belle théorie de Russell des étoiles géantes et naines détermine par la thermodynamique leur phase individuelle d'évolution continue à masse constante. Elle ne peut donc correspondre à toute la réalité cosmique : vérifiée par la division très nette des deux catégories d'étoiles dans les types spectraux G, K, M, et par les mesures récentes de diamètres stellaires de géantes, telles que Bételgeuse et Antarès, elle est en opposition avec la théorie de Millikan qui fait commencer l'évolution stellaire par les naines et non par les géantes : théorie d'ailleurs en contradiction avec la mesure donnée par la cosmogomie dualiste pour le diamètre du protosoleil 62 fois plus grand que le diamètre du Soleil actuel.

La théorie de Russell fait prévoir que les géantes rouges (3000° environ à la surface) sont précédées par des géantes obscures à température basse et à densité voisine de celles des nébuleuses. Mais elle semble en contradiction avec l'existence de nébuleuses à haute température comme celle d'Orion (15000° d'après Buisson et Fabry) et avec l'évolution des Novæ vers une phase nébulaire avec un spectre passant des types A et B au type O, comme Stratton l'a montré pour la Nova des Gémeaux 1912 et le P. Cortie pour celle de l'Aigle 1918.

Pour faire disparaître ces contradictions, il suffit d'édifier une théorie compréhensive d'évolution embrassant à la fois les étoiles et les nébuleuses, en tenant compte des dynamismes autres que la gravitation qui font varier d'une manière discontinue les masses, la composition chimique des atmosphères stellaires et leur radiation.

L'existence des deux courants d'étoiles de Kapteyn conduit à admettre l'existence à l'origine de notre Univers de deux nébuleuses froides l'une en rotation lente, l'autre venant de la direction du Sagittaire ; ces nébuleuses de densité moyenne Δ remplissaient le volume V de notre Univers et se sont rencontrées dans un choc à grande vitesse relative. Cette rencontre a produit une augmentation de température et de densité sur les surfaces de choc Σ tourbillonnaires ou non, nécessairement très grandes et augmentant pendant un certain temps. La radiation repousse des surfaces Σ les matières légères qui vont alimenter et réchauffer une partie V_θ des nébuleuses ; la compression des matériaux denses sur les surfaces Σ y détermine une condensation instable au point du vue de la gravitation, dès que la masse par unité de surface devient assez grande. Par suite cette masse se divisera en n masses stellaires géantes de densité moyenne d et de masse M. Cette masse M, comme on sait, varie peu au cours de l'évolution. A ce stade existe dans l'Univers ou vide W, qui est, en tenant compte de la constance

de la masse totale,

$$W = V - V_0 - V_\theta - n\frac{M}{d} = nM\left(\frac{1}{\Delta} - \frac{1}{d}\right) \quad (V_0, \text{ volume des nébuleuses froides}).$$

Les n étoiles primitives se déplaçant dans ce vide W, d'abord réduit puisque d diffère peu de Δ, rencontreront nécessairement les nébuleuses froides V_0 et chaudes V_θ : elles leur prendront de la matière, ce qui diminuera à la fois V_0 et V_θ, augmentera d (c'est-à-dire W), mais diminuera le rapport d'abord très grand de V_0 à V_θ.

Or, d'après la théorie d'Eddington, la masse de chacune des n étoiles ne peut augmenter que jusqu'à la limite où la pression de radiation interne balance la gravitation. A cette limite, tout nouveau choc des étoiles contre les nébuleuses amènera leur division en une ou plusieurs masses stellaires, division encore facilitée par la force centrifuge. Ainsi s'augmentera le nombre n des étoiles capables d'enlever de nouvelle matière aux nébuleuses et par suite d'accroître le vide W dans l'Univers. Le nombre des chocs stellaires qui donnent aux nébuleuses et aux étoiles leur évolution discontinue après avoir passé par un maximum diminuera donc au fur et à mesure de l'évolution d'ensemble de la Voie lactée issue des deux nébuleuses primitives.

Plusieurs conclusions générales résultent de ce qui précède :

1° On ne peut séparer l'évolution des étoiles de celles des nébuleuses froides ou chaudes qui en est la contre-partie, la matière dense de ces dernières, sélectionnée par la pression de radiation, passant dans les étoiles pour en augmenter la masse et changer la composition chimique de leurs atmosphères.

2° A l'évolution stellaire continue à masse constante régie par la seule gravitation selon la théorie de Russell se superpose une évolution discontinue à masse variable fonction des rencontres nébuleuses de moins en moins fréquentes avec le vieillissement de la Voie lactée. Tandis que dans la théorie de Russell une étoile peut au maximum passer deux fois par chacun des types M, K, G, F, A, B et une fois par le type O, l'évolution discontinue à masse variable augmente la température effective à chaque rencontre nébuleuse, par suite peut faire passer une étoile plusieurs fois par le même type, y compris le type O et peut faire monter une étoile jusqu'à un type spectral qu'elle n'aurait jamais atteint par évolution gravitationnelle : on comprend qu'il puisse y avoir des étoiles géantes dans tous les types spectraux, mais que les géantes à la fois par le volume et par la masse comme les étoiles du type B ou les Céphéides doivent se trouver assez près du centre de la Voie

lactée où elles ont pu recueillir les matières légères repoussées par la pression de son noyau.

Les naines en volume et en masse comme le Soleil ne peuvent provenir que des régions éloignées de la Voie lactée qu'elles ont parcourues après que la condensation stellaire avait vidé l'espace de matière nébuleuse. Cette induction est confirmée par le fait que la direction du mouvement du système solaire diverge beaucoup du plan de la Voie lactée en s'éloignant du centre des étoiles B (centre de Charlier), et que le Soleil est une étoile simple, alors que la formation des étoiles doubles et multiples est l'œuvre des rencontres avec les nébuleuses [1].

3° Les nébuleuses froides qui ont été, comme le croit Russell, les génératrices des étoiles ne peuvent plus exister un peu abondantes qu'en dehors du plan de la Voie lactée ou au delà de ses spires, ainsi qu'on le constate notamment dans les spirales en fuseau ; toutefois la pression de radiation, très intense à l'origine près du centre, a pu laisser subsister dans le plan de la Voie lactée des nuages de vapeurs légères (calcium, sodium), comme on les observe dans le spectre des étoiles à raies stationnaires.

Les nébuleuses chaudes et lumineuses ne doivent leur électricité, leurs radiations et une grande partie de leurs mouvements qu'aux chocs stellaires. Elles doivent avoir une masse totale bien moindre que celle des nébuleuses froides, et être abondantes surtout près du plan de la Voie lactée et de son centre, car elles représentent le résidu de matières légères inemployé et repoussé par les étoiles dans leur évolution.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Propriétés optiques des rayons X de grande longueur d'onde.* Note de M. **Holweck**, présentée par M. Brillouin.

Il était intéressant de reprendre, avec des rayons X de très grande longueur d'onde, les expériences de diffraction qui avaient échoué avec les rayons X ordinaires et de chercher à mettre en évidence une réflexion de ces radiations sur une surface polie, phénomène analogue à la réflexion lumineuse.

Diffraction par une fente. Principe. — La disposition de l'expérience est classique : une source linéaire éclaire une fente fine parallèle à la source et située à une distance a; à une distance b de la fente se trouve une plaque photographique sur laquelle se forme l'image des franges de diffraction.

---

[1] *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 703.

Dispositif expérimental. — La source linéaire et intense de rayons mous était constituée par une anode formée d'un fil de tungstène de 12^{μ} de diamètre tendu sur un support rigide. Ce fil, qui était bombardé par des électrons issus d'une cathode de Wehnelt, restait parfaitement rectiligne, même à la température du rouge ; un système de diaphragmes noircis et un canaliseur profond éliminaient la lumière parasite de la cathode incandescente, seule la lumière provenant de l'anode pouvait entrer dans la fente, mais elle était incapable d'impressionner la plaque photographique par suite de sa faiblesse et de l'énorme diffraction qu'elle subissait au passage de la fente fine. Parallèlement à la source et à 7^{cm} de distance était disposée la fente de diffraction, de largeur réglable au moyen d'une vis micrométrique de pas connu. Cette fente avait $0^{cm},8$ de haut, elle était en acier, à bords aigus et très soigneusement travaillés. A 7^{cm} de la fente était disposé un petit porte-plaque mobile de l'extérieur au moyen d'un rodage et permettant de faire successivement plusieurs photographies. Entre la fente et la plaque on pouvait établir : soit un champ électrique, soit un champ magnétique destiné à rejeter sur le côté les rayons corpusculaires accompagnant les rayons mous. Tout l'appareil était placé dans un bon vide entretenu par une pompe qui tournait constamment pendant les expériences. Les plaques employées étaient des plaques Shumann. Les temps de poses, de quelques minutes pour des rayons de 1500 volts, étaient de plusieurs heures pour 250 volts.

Résultats. — Avec une fente de $6^{\mu},6$ et des rayons produits par 1620 volts (longueur d'onde minimum $\lambda_{min} = 7,6$ A.), leur longueur efficace (c'est-à-dire celle qui correspond au maximum d'énergie dans le spectre continu) étant de 10 A. environ, on obtient sur la plaque un trait extrêmement fin à bords presque nets et large de 25^{μ}, c'est-à-dire possédant sensiblement les dimensions de l'image géométrique de la source sans diffraction. Le calcul montre qu'il doit bien en être ainsi : la valeur de $\nu_2 - \nu_1$ [1] étant grande et égale à 1,6.

Par contre, avec des rayons de 265 volts (λ_{min} 47 A., $\lambda_{eff.}$ 60 A. env.) se diffractant au travers de la même fente (les deux photographies étaient faites l'une à côté de l'autre sur la même plaque), on observait un élargissement considérable de l'image géométrique consistant en une bande centrale large de 110^{μ} et un dégradé de 300^{μ} environ. Le calcul indique ($\nu_2 - \nu_1 = 0,66$) qu'on devrait voir une frange centrale brillante large de 136^{μ} (distance comptée entre les deux minima), accompagnée de chaque côté de deux franges brillantes larges de 35^{μ} chacune. On apercevait donc seulement l'aspect général du phénomène, sans séparer les franges par suite de l'hétérogénéité du rayonnement incident.

Avec une fente de 35^{μ}, des rayons de 1620 volts et de 265 volts donnaient

(1) ν est le paramètre bien connu des intégrales de Fresnel.

des images presque identiques, l'élargissement ayant complètement disparu : en effet, la diffraction ne doit plus être sensible $\varphi_2 - \varphi_1$ étant respectivement 3,4 et 8,4. Les franges sont extrêmement serrées et non visibles par suite de l'hétérogénéité des rayons et de la largeur de la source. Cependant pour les rayons de 1620 volts, l'image se présente sous forme d'une bande à bords nets de 70^{μ} de largeur, tandis que pour les rayons de 265, la bande est sensiblement *plus étroite*, 60^{μ} environ, par suite de la présence de deux minima sur les bords.

On a ainsi comparé les images obtenues avec des rayons de 60 A. et avec de la lumière blanche ($\lambda_{\text{eff.}}$ 4800 A. env.) en prenant des fentes (6^{μ}, 6 et 60^{μ}) dont les largeurs étaient dans le rapport de la puissance $\frac{1}{2}$ des longueurs d'onde et en agrandissant dans le même rapport le cliché relatif aux rayons mous : les images, qui devraient être identiques, sont tout à fait du même ordre de grandeur, mais le phénomène obtenu avec la lumière blanche est plus net et plus beau.

L'ensemble de ces expériences, sans être susceptible de mesures précises, établit sans aucun doute : 1° l'existence, visible avec les moyens utilisés, de la diffraction au travers d'une fente pour des rayons X produits sous 265 volts, et 2° donnent une mesure directe de la longueur d'onde de ces rayons, de l'ordre de grandeur de celui prévu par la relation du quantum.

Réflexion des rayons X. — Un premier essai, fait dans de mauvaises conditions avec des rayons de longueur d'onde relativement courte [1], avait donné un résultat négatif. Ce travail a été repris avec un dispositif bien meilleur, des rayons plus mous et sous incidence rasante.

Dispositif expérimental. — Un faisceau étroit de rayons mous rencontre, sous une incidence très grande, un miroir en bronze bien poli. Un montage, qui sera décrit ultérieurement, permettait de faire entrer dans un électroscope, soit le faisceau incident, soit le faisceau réfléchi. Les rayons étaient complètement absorbés par le gaz contenu dans l'électroscope. Un dispositif de volets permettait d'interposer dans le trajet des rayons incidents ou réfléchis un filtre absorbant.

Résultats. — Dans une première expérience, l'angle d'incidence était de 78°,3 (11°,7 à partir du miroir). Les rayons n'étaient filtrés qu'au travers de la feuille étanche séparant le tube producteur de rayons de l'électroscope (celluloïd de $0,8.10^{-5}$ cm d'épaisseur) et par conséquent très hétérogènes surtout pour les différences de potentiel élevées. Le

---

[1] *Thèse de Doctorat*, 1922.

pouvoir réflecteur du miroir, qui est de 25 pour 100 pour des rayons de 35 volts ($\lambda_{\text{min.}} = 350$ A.), croît jusqu'à 35 pour 100 pour 120 volts ($\lambda_{\text{min.}} = 100$ A.) reste constant de 120 à 200 volts ($\lambda_{\text{min.}} = 62$ A.), puis décroît lentement.

Dans une deuxième expérience l'angle d'incidence était de 73°,8 (16°,2 à partir du miroir). On pouvait interposer, soit dans les rayons incidents, soit dans les rayons réfléchis, un écran de celluloïd de $0,8.10^{-5}$ cm. On a constaté : 1° une diminution générale des pouvoirs réflecteurs due à l'incidence moins rasante; 2° une décroissance rapide du pouvoir réflecteur lorsque la longueur d'onde décroît; 3° une moins grande pénétration des rayons réfléchis que des rayons incidents, par suite de la réflexion plus facile des grandes longueurs d'onde; la différence s'accentuant lorsque la différence de potentiel sous laquelle sont produits les rayons augmente. Le pouvoir réflecteur des rayons, qui est du même ordre que sous l'incidence 78°,3 pour $\lambda_{\text{min.}} = 123$ A., tombe à 10 pour 100 pour des rayons de 200 volts et à 3 pour 100 pour 300 volts.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la propagation d'ondes électromagnétiques, entretenues le long de deux fils parallèles.* Note [1] de M. G. **Laville**, présentée par M. Brillouin.

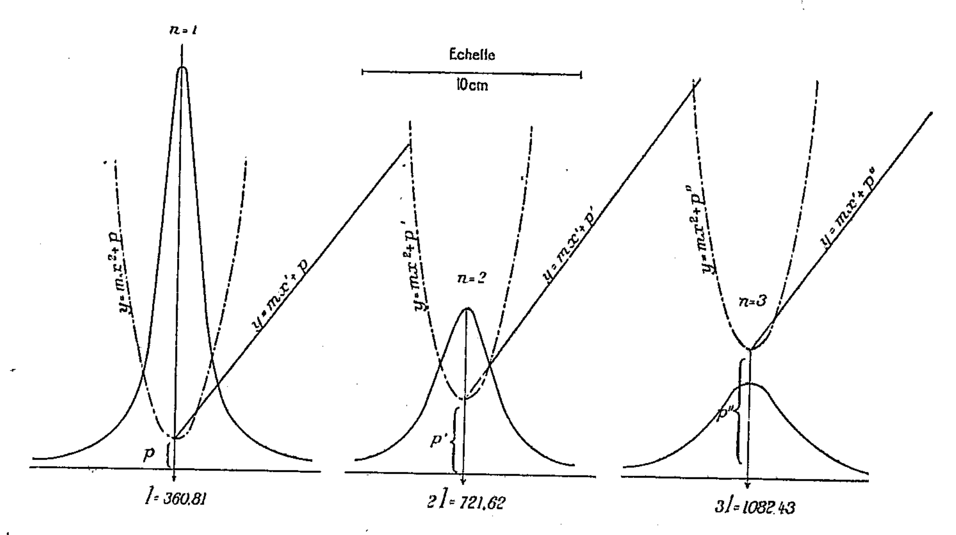
La théorie de Kirchhoff traite le problème en admettant que chaque centimètre d'une ligne indéfinie possède une résistance R, une capacité C et une self-induction L constantes et indépendantes de l'intensité des courants qui y passent. Je me suis proposé de vérifier expérimentalement sa légitimité aux fréquences des oscillations hertziennes en utilisant un dispositif assez simple pour permettre un calcul complet.

Une ligne est formée par deux fils de cuivre parallèles d'environ 10^{m} de long, de diamètre $a = 0^{\text{mm}},9$ et dont les axes sont distants de $d = 20^{\text{mm}}$. Le pont qui la ferme à l'origine est coupé par deux condensateurs en série. Les deux armatures externes sont reliées aux fils de ligne et une soudure thermo-électrique fer-constantan réunit les armatures internes. Le courant thermo-électrique est mesuré par un galvanomètre cuirassé de Rubens dont les déviations ont été vérifiées proportionnelles aux intensités. Sur la ligne glisse un pont formé d'une très large plaque de cuivre ($10^{\text{cm}} \times 15^{\text{cm}}$) percée de

[1] Séance du 12 février 1923.

deux trous ayant le diamètre des fils et par lesquels ceux-ci passent. Comme ce pont a une self-induction très faible, il réfléchit totalement les ondes et l'on s'assure qu'on ne peut pas en déceler derrière lui. La ligne est excitée par un oscillateur à courtes ondes du modèle de MM. Gutton et Touly ([1]) aussi peu couplé que possible afin d'éviter une réaction de la ligne sur l'oscillateur qui pourrait modifier son régime de fonctionnement quand le pont passe par une position de résonance.

On déplace le pont à l'aide d'une vis micrométrique et en prenant pour abscisses X les distances du pont à l'origine de la ligne et pour ordonnées les déviations δ du galvanomètre, on trace la courbe de résonance (voir figure).



Celle-ci présente des maxima très marqués, séparés par des distances l égales au $\frac{1}{10}$ de millimètre près. Ces maxima décroissent rapidement quand leur numéro d'ordre augmente; l mesure très exactement une demi-longueur d'onde $\frac{\lambda}{2}$. Autour de chaque maximum la courbe de résonance tombe très vite à zéro. J'appellerai pour abréger pointe la portion de la courbe de résonance autour d'un maximum. Elle est parfaitement symétrique par rapport à son maximum. Pour étudier une pointe, construisons, à une échelle quelconque, la courbe dont les ordonnées sont les inverses de celles de la pointe $y = \frac{K}{\delta}$. On obtient une courbe de forme parabolique $y = mx^2 + p$ en comptant les abscisses x à partir du maximum. Si l'on

([1]) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 271.

prend pour nouvelles abscisses $x' = x^2$, on obtient une droite $y' = mx' + p$, très exactement. En répétant cette opération pour des pointes successives, on observe que toutes les droites obtenues sont parallèles entre elles avec une approximation d'au moins 1 pour 100. Il y a donc une quantité m qui reste constante tout le long de la ligne. De plus, si n est le numéro d'ordre d'une pointe, on s'aperçoit que p est une fonction parabolique de n :

$$p = a + bn + cn^2;$$

a est en général négligeable et deux pointes permettent de mesurer b et c.

La théorie de Kirchhoff permet, en affectant au pont qui porte la soudure une résistance r, une self-induction s et une capacité k, de trouver la déviation δ du galvanomètre à un facteur inconnu près. Elle donne

$$(1)\quad \delta = \frac{M(\operatorname{ch} 2\gamma X + \cos 2\alpha X)}{A(\operatorname{ch} 2\gamma X + \cos 2\alpha X) - 2B \operatorname{sh} 2\gamma X + 2C \sin 2\alpha X + D(\operatorname{ch} 2\gamma X + \cos 2\alpha X)};$$

γ désignant le facteur exponentiel d'amortissement qui est sensiblement égal à $\frac{R}{2}\sqrt{\frac{C}{L}}$ et α la quantité $\frac{2\pi}{\lambda} = \frac{\pi}{l}$:

$$A = (\alpha^2 + \gamma^2)\left[r^2 + \left(s\omega - \frac{1}{k\omega}\right)^2\right],$$
$$B = (Rr + Ls\omega^2)\gamma - \omega(Rs - rL)\alpha,$$
$$C = \omega(Rs - rL)\gamma + (Rr + Ls\omega^2)\alpha,$$
$$D = R^2 + L^2\omega^2.$$

γ étant très petit, on peut développer $\operatorname{ch} 2\gamma X$ et $\operatorname{sh} 2\gamma X$ en série en ne gardant que les termes de degré 2 au plus et en remplaçant X par $nl + x$, à cause de la symétrie des pointes les termes impairs n'existent pas :

$$\delta = \frac{M}{(A + \gamma B nl + \gamma^2 D n^2 l^2) + \alpha^2 D x^2}.$$

Si l'on prend les inverses des ordonnées de cette courbe, on obtient la parabole

$$y = \frac{1}{M}[(A + \gamma B nl + \gamma^2 D n^2 l^2) + \alpha^2 D x^2],$$

dont l'équation a la forme trouvée par l'expérience. En posant

$$p = \frac{A + \gamma B nl + \gamma^2 D n^2 l^2}{M}, \qquad m = \alpha^2 D,$$

trois valeurs expérimentales p, p', p'' correspondant aux trois pointes

d'ordre n, n', n'', fourniront l'amortissement γ par la formule

$$\gamma = \frac{\pi}{l^2}\frac{1}{\sqrt{m}}\sqrt{\frac{p}{(n''-n)(n'-n)} + \frac{p'}{(n'-n)(n'-n'')} + \frac{p''}{(n''-n)(n'-n)}}.$$

Comme $\gamma = \frac{R}{2}\sqrt{\frac{c}{L}} = \frac{R}{2LV}$, en supposant valable la formule $L = 2\mu L \frac{2d}{a}$, on peut calculer le rapport $\frac{R}{R_0}$ de la résistance pour la fréquence utilisée à la résistance en courant continu et comparer ce rapport à celui que donne la théorie de Lord Kelvin relative à l'effet particulaire. L'accord est satisfaisant et les théories de Kirchhoff et de Lord Kelvin semblent expliquer le phénomène de la propagation d'une façon aussi précise que les théories plus compliquées qu'ont édifiées Sommerfeld et Mie [1], à partir des équations de Maxwell appliquées aux corps absorbants.

Le Tableau suivant donne les résultats de l'expérience pour deux longueurs d'ondes différentes :

$l = \frac{\lambda}{2}$.	T.	*p.*				*m.*						$\frac{R}{R_0}$,	$\frac{R}{R_0}$,
		$n=1$.	$n=2$.	$n=3$.	$n=4$.	$n=1$.	$n=2$.	$n=3$.	$n=4$.	Moy.	$\gamma.10^5$.	val. exp[le].	d'après L. Kelvin.
360[c],81...	$2,4.10^{-8}$	1,37	3,30	5,8	»	1,32	1,33	1,31	»	1,32	1,118	20,1	21
262[c],15...	$1,745.10^{-8}$	»	2,43	4,24	6,42	»	1,96	1,96	1,96	1,96	1,41	23,7	24,6

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la mesure des coefficients de self-induction en haute fréquence.* Note de M. V. **Ylöstalo**, présentée par M. G. Ferrié.

Le coefficient de self-induction à haute fréquence d'une bobine de self ne peut pas être calculé avec précision.

Il est modifié par l'effet pelliculaire, par la localisation du courant dans les parties du fil les plus voisines de l'axe de la bobine [2]. D'autre part la capacité propre d'une bobine provoque une augmentation apparente de son induction. Ces effets sont d'autant moins importants que la section du fil est moindre ou la fréquence plus basse. Lorsque la fréquence devient voisine de la fréquence de résonance de la bobine, le courant ne conserve

---

(1) A. Sommerfeld, *Wied. Ann.*, t. 67, 1899, p. 233. — G. Mie, *Wied. Ann.*, t. 6, 1900, p. 201.

(2) M. A. Battelli, *Journal de Physique*, t. 6, 1907, p. 559 et 701. — J.-S. Nicholson, *Phil. Mag.*, t. 19, 1910, p. 77.

plus une intensité constante le long du fil et il en résulte encore une modification apparente de la self-induction.

Nous nous sommes proposé d'étudier, aux fréquences utilisées en Radiotélégraphie, la self-induction de bobines de différentes formes, d'en déduire ensuite les limites d'application de la formule de Thomson lors du calcul des longueurs d'onde des circuits oscillants et de montrer que l'usage de l'électromètre, employé autrefois par Bjerknes pour l'étude de résonateur de Hertz, permet des mesures faciles et précises en haute fréquence.

La bobine à étudier est reliée à un condensateur, constituant ainsi un circuit oscillant; on le couple en couplage très lâche avec un oscillateur à lampes. La tension aux bornes de la bobine est mesurée avec un électromètre de Bjerknes à très faible capacité et le courant au milieu de la bobine avec un thermo-élément fer-constantan. On mesure la longueur d'onde avec un ondemètre Armagnat, par la méthode de zéro, et la résistance de la bobine par la méthode habituelle de résonance et l'adjonction d'une résistance ohmique connue. Connaissant l'intensité du courant, la différence de potentiel entre les extrémités de la bobine et la résistance de celle-ci, on en déduit l'inductance.

La capacité de l'électromètre est d'environ $1^{cm},5$. La graduation en volts de l'électromètre se fait facilement en tension constante.

L'étalonnage en courant continu d'un thermo-élément dont la soudure est traversée par le courant à mesurer est, au contraire, difficile à cause de l'effet Peltier. Afin de rendre possible cet étalonnage, nous avons utilisé la disposition suivante : Le courant à mesurer passe dans un fil de constantan qu'il échauffe, ce fil est relié en son milieu par un court fil de cuivre à la soudure fer-constantan. Le courant à mesurer ne passant pas par la soudure, la déviation du galvanomètre dépend uniquement de la quantité de la chaleur dégagée dans le fil et devient indépendante du sens du courant. La résistance du fil chaud se mesure sans difficultés. La courbe de graduation du milliampèremètre ainsi construit est exactement parabolique.

La précision obtenue dans les mesures d'inductance est d'environ 0,25 pour 100 et, dans les cas les plus défavorables, au moins 0,5 pour 100.

Voici quelques valeurs des inductances mesurées :

Bobine I. — Longueur de l'axe, $66^{cm},3$; diamètre, $12^{cm},7$; nombre des spires, 1400; diamètre du fil, $0^{mm},4$; onde propre de la bobine, $\lambda_0 = 860^m$.

λ^m.....	25000.	20000.	15000.	12500.	10000.	7500.	5000.	2500.
L^{cm}.....	42,50	42,50	42,70	43,05	42,80	41,80	37,60	$31,20.10^6$

Bobine II. — Longueur de l'axe, 50^{cm}; section carrée, $23^{cm} \times 23^{cm}$; nombre de spires, 160; diamètre du fil, $1^{mm},8$; onde propre de la bobine, $\lambda_0 = 286^m$.

λ^m......	10000.	8000.	6000.	4000.	2000.	1500.	1000.	750.
L^{cm}......	2,92	2,92	2,93	2,94	2,95	2,93	2,91	$2,88.10^6$

Bobine III. — Cadre, $58^{cm} \times 58^{cm}$; longueur de l'axe, 5^{cm}; nombre des spires, 80; diamètre du fil, $0^{mm},45$; onde propre, $\lambda_0 = 812^m$.

λ^m......	12000.	10000.	8000.	6000.	4000.	2000.	1500.	1000.
L^{cm}......	8,80	8,80	8,81	8,82	8,79	8,69	8,50	$7,81.10^6$

Bobine IV. — Longueur de l'axe, 27^{cm}; diamètre intérieur, 13^{cm}; nombre des spires, 250, en deux couches de fil, bobinage à faible capacité progressant simultanément sur les deux couches; diamètre du fil, $1^{mm},8$; onde propre, $\lambda_0 = 450^m$.

λ^m......	12500.	10000.	7500.	5000.	2500.	1500.	1000.	750.
L^{cm}......	3,81	3,81	3,81	3,82	3,92	4,16	4,55	$5,10.10^6$

La self-induction varie peu lorsqu'on augmente la fréquence pour les bobines à une couche, surtout quand la bobine n'est pas très longue par rapport à son diamètre. Les bobines à deux couches montrent, au contraire, une forte augmentation apparente de la self-induction quand la longueur d'onde diminue.

En désignant par λ_1 la longueur d'onde pour laquelle la formule de Thomson est valable avec une précision de 1 pour 100, on trouve :

Bobine.	I.	II.	III.	IV.
$\frac{\lambda_1}{\lambda_0}$........	8	2,5	2,2	8

L'électromètre de Bjerknes, constitué par une aiguille d'aluminium suspendue par un fil de quartz entre deux plaques, a l'avantage de conserver exactement en haute fréquence la graduation faite à différence de potentiel constante. Lors des mesures en haute fréquence, on ne mesure habituellement que des intensités de courant : l'emploi de l'électromètre, sensible à quelques volts, avec la soudure thermo-électrique peut souvent augmenter la facilité et la précision des mesures.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Chaleur d'oxydation du glucinium.* Note rectificative de MM. **H. Copaux** et **Ch. Philips**, présentée par M. Haller.

Nous avons déterminé en 1920 [1] la chaleur d'oxydation du glucinium, en adoptant, à défaut du procédé de combustion directe, auquel le glucinium métallique se prête assez mal, la méthode détournée qui consiste à mesurer séparément les chaleurs de dissolution du métal et de l'oxyde dans un acide.

Pour éprouver notre mode opératoire, nous avions mesuré de la même façon une chaleur d'oxydation connue, celle du calcium, et trouvé, pour un atome-gramme (40^g) de calcium, la valeur $158^{Cal},7$, plus voisine de 160^{Cal}, nombre obtenu par Muthmann en 1907, que de $151^{Cal},9$, nombre obtenu par A. Guntz et Bassett en 1905.

Mais aussi bien pour le calcium que pour le glucinium, nos résultats ont été faussés par l'oubli d'une correction importante, sur laquelle M. Guntz a appelé notre attention.

Nous avons en effet compté pour égales à 1 les chaleurs spécifiques des acides où s'effectuaient les dissolutions dans le calorimètre, alors que ces liquides, assez fortement concentrés, ont des chaleurs spécifiques notablement inférieures à celle de l'eau.

En introduisant cette correction dans nos anciennes mesures, nous obtenons les résultats suivants :

Calcium. — Métal commercial en cylindres. Acide chlorhydrique à 70^g par litre, de chaleur spécifique 0,90.

Poids de Ca.	Poids d'acide chlorhydrique.	Valeur en eau des accessoires.	Δt.
$0^g,335$	300^g	$4^g,6$	$3^\circ,88$
Poids de CaO.			
$0^g,5215$	300^g	$4^g,6$	$1^\circ,63$

Soit

$$\begin{aligned} &Ca + 2ClH_{diss.} \rightarrow CaCl^2_{diss.} + H^2 + 130^{Cal}, \\ &CaO + 2ClH_{diss.} \rightarrow CaCl^2_{diss.} + H^2O + 49^{Cal}, \\ &H^2 + O \rightarrow H^2O_{liq.} + 69^{Cal}; \end{aligned}$$

d'où

$$Ca + O \rightarrow CaO + (130 + 69 - 49) \quad \text{ou} \quad 150^{Cal}$$

au lieu de

$$(144,2 + 69 - 54,5) = 158,7,$$

si l'on admet inexactement comme égale à 1 la chaleur spécifique de la liqueur acide.

---

(1) H. Copaux et Ch. Philips, *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 630.

Notre nombre rectifié 150 devient voisin du nombre 152,7, auquel M. Guntz s'est arrêté récemment, après de nouvelles mesures particulièrement soignées [1].

Glucinium. — Métal en poudre cristalline, préparé par électrolyse d'un fluosel fondu et purifié le mieux possible par des lévigations répétées. Acide fluorhydrique à 30 pour 100.

Pour connaître la chaleur spécifique de cette liqueur fluorhydrique, nous avons versé 300^g à 400^g d'acide dans un calorimètre de platine, où plongeait un tube d'argent mince et fermé d'un bout, mesurant 25^{mm} de diamètre, 100^{mm} de hauteur et $0^{mm},3$ d'épaisseur. Dans ce tube, on projetait un morceau de glace bien essuyé, dont le poids, voisin de 7^g à 10^g, était exactement déterminé, après l'expérience, par différence de poids du tube d'argent. Connaissant la chaleur de fusion de la glace, tenant compte aussi de la chaleur absorbée par son eau de fusion, depuis 0° jusqu'à la température finale, et d'autre part, ayant mesuré le refroidissement du liquide acide et des accessoires calorimétriques, nous avons trouvé, pour la chaleur spécifique de l'acide fluorhydrique à 30 pour 100, le nombre 0,75 à 2 pour 100 près.

En combinant cette valeur avec les données empruntées à l'une de nos anciennes expériences, il vient :

	Poids		
de Gl.	d'acide fluorhydrique.	en eau des accessoires.	Δt.
$0^g,1093$	300^g	4,83	4°,3
Poids de GlO.			
$0^g,3038$	300^g	4,78	1°,06

$$\mathrm{Gl} + 2\mathrm{FH}_{\text{diss.}} \rightarrow \mathrm{GlF}^2_{\text{diss.}} + \mathrm{H}^2 + 82^{\text{Cal}},2,$$
$$\mathrm{GlO} + 2\mathrm{FH}_{\text{diss.}} \rightarrow \mathrm{GlF}^2_{\text{diss.}} + \mathrm{H}^2\mathrm{O} + 20^{\text{Cal}},1,$$
$$\mathrm{H}^2 + \mathrm{O} \rightarrow \mathrm{H}^2\mathrm{O}_{\text{liq.}} + 69^{\text{Cal}};$$

d'où

$$\mathrm{Gl} + \mathrm{O} \rightarrow \mathrm{GlO} + (82,2 + 69 - 20,1), \quad \text{soit } 131^{\text{Cal}},1.$$

Deux autres mesures, soumises à la même rectification et jointes à la précédente, donnent pour résultat moyen $131^{\text{Cal}},3$, au lieu de $151^{\text{Cal}},5$ d'après notre ancien calcul.

Le nombre 131 est assez voisin de celui de Mielenz et Wartenberg ($135^{\text{Cal}},9$), obtenu par la méthode à laquelle nous avions renoncé comme insuffisamment sûre, qui consiste à brûler le glucinium pulvérulent dans l'oxygène sous pression, en défalquant après l'expérience le résidu métallique échappé à la combustion [2].

Il place le glucinium moins haut que nous ne pensions dans l'échelle d'oxydation des métaux, un peu au-dessus de l'aluminium ($128^{\text{Cal}},6$ pour 16^g d'oxygène).

---

(1) A. Guntz et Benoit, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 219.

(2) Mielenz et Wartenberg, *Zeit. anorgan. Chem.*, 5 mai 1921, p. 267.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la vitesse d'absorption de l'acide carbonique par les solutions ammoniacales.* Note de M. **Paul Riou**, présentée par M. H. Le Chatelier.

J'ai fait connaître, dans une Note précédente [1], des mesures relatives à l'influence de la concentration et de la température sur la vitesse d'absorption de l'acide carbonique par les solutions de carbonate neutre et de bicarbonate d'ammonium. Depuis, j'ai étudié l'influence de l'addition aux mêmes solutions de chlorure de sodium et d'ammonium, de bicarbonate de sodium.

Tous les chiffres et les diagrammes donnés dans ce travail résultent de mesures faites sur une solution type contenant $\frac{4}{100}$ de molécule-gramme de carbonate neutre d'ammonium dans 100^g d'eau, avec des proportions variables de sels étrangers dont la concentration est également exprimée en centièmes de molécule-gramme.

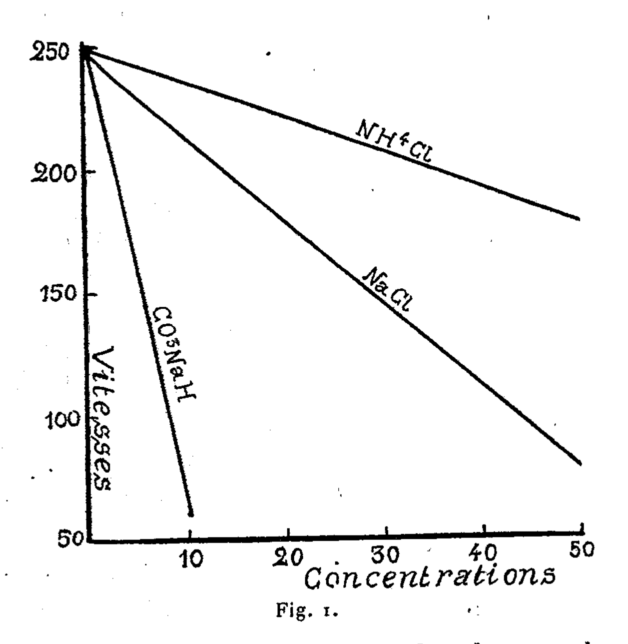


Fig. 1.

Les vitesses, exprimées en centimètres cubes de gaz absorbés en une seconde par centimètre carré de surface, ont été multipliées pour le tracé des courbes par 10^4.

Le diagramme (*fig.* 1) montre à la température de 20° l'influence de la

[1] *Comptes rendus*, t. **175**, 1922, p. 1102.

concentration en chlorure d'ammonium et de sodium et en bicarbonate de sodium. La courbe du bicarbonate d'ammonium qui se place très près de celle du bicarbonate de sodium n'est pas donnée.

Dans la fabrication de la soude, la quantité de chlore mise en œuvre est une constante. Pour chaque molécule de sodium qui se transforme en bicarbonate, il se forme une molécule de chlorure d'ammonium. Ces deux facteurs combinés nous donnent les vitesses d'absorption suivantes :

NaCl.........	50	40	30	20	10	0
NH^4Cl........	0	10	20	30	40	50
$V.10^4$........	73,3	107	125	147	170	189

Le diagramme (*fig.* 2) montre l'influence de la température sur les solu-

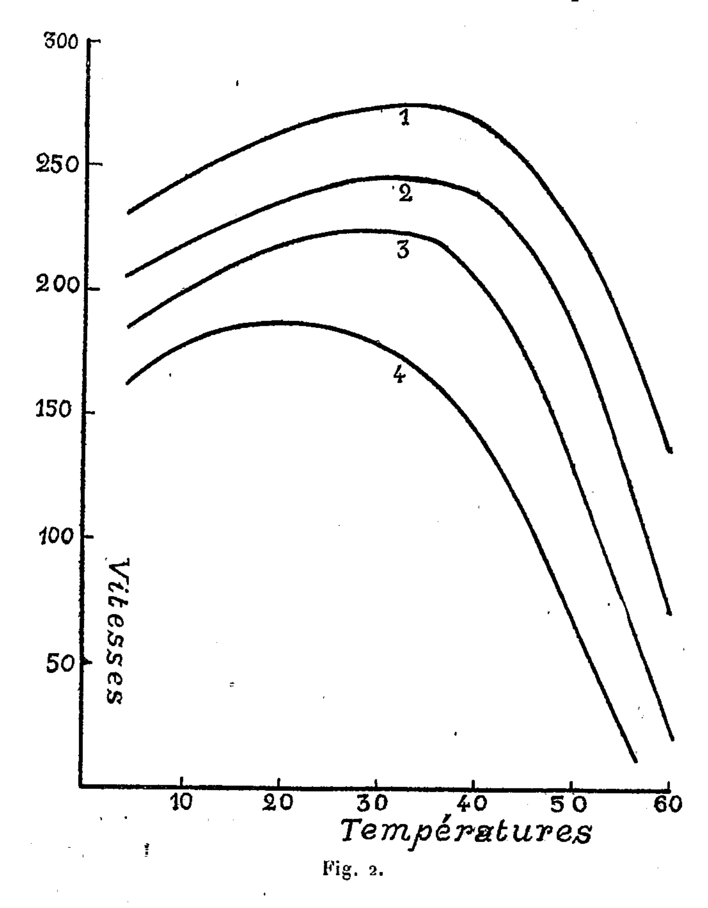


Fig. 2.

tions contenant du chlorure d'ammonium. Les courbes 1, 2, 3 et 4 correspondent aux concentrations de $\frac{10}{100}$, $\frac{20}{100}$, $\frac{30}{100}$ et $\frac{50}{100}$ de molécule-gramme de

chlorure d'ammonium. On reconnaît que le maximum de vitesse se déplace un peu sur l'axe des températures avec la concentration.

Le diagramme (*fig.* 3) montre l'influence de la température sur les solu-

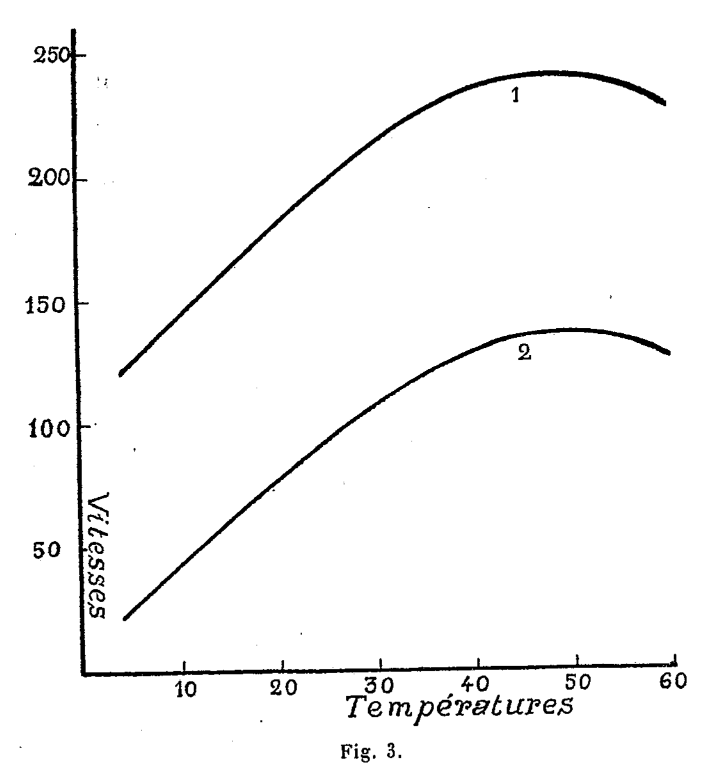


Fig. 3.

tions contenant du chlorure de sodium. La courbe 1 indique la vitesse d'absorption de la solution contenant 20×10^{-2} molécule-gramme de NaCl dans 100^{cm^3} d'eau, et la courbe 2 celle contenant 50×10^{-2}.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du sulfate diméthylique et du méthylsulfate de potassium en l'absence d'eau sur les monoacides organiques.* Note de M. **L.-J. Simon.**

La méthylation au moyen du sulfate diméthylique a été surtout utilisée vis-à-vis des phénols, des amines phénoliques et dans ces derniers temps vis-à-vis des glucoses. Elle a également servi à éthérifier les acides organiques mais presque toujours en agitant avec le sulfate très peu soluble dans l'eau les sels alcalins organiques *dissous dans ce solvant*. C. Græbe (1905) à

qui l'on doit d'intéressantes recherches sur ce sujet a déjà appelé l'attention sur la différence des résultats atteints en opérant *sur les sels à l'état solide*. Dans le cas de la méthylation en solution aqueuse la réaction peut être formulée

$$R - CO^2K + SO^4(CH^3)^2 = R - CO^2CH^3 + SO^4KCH^3,$$

c'est-à-dire que la moitié des radicaux méthyle se retrouvent dans le résidu de méthylsulfate. En l'absence d'eau on peut aller plus loin et utiliser plus complètement les radicaux méthyle. Par exemple, avec le benzoate de potassium,

$$2C^6H^5 - CO^2K + SO^4(CH^3)^2 = SO^4K^2 + 2C^6H^5CO^2CH^3.$$

Corrélativement Græbe a pu réaliser avec un rendement d'environ 60 pour 100 la réaction

$$C^6H^5 - CO^2K + SO^4KCH^3 = SO^4K^2 + C^6H^5CO^2CH^3.$$

I. Il est curieux qu'aucun chimiste n'ait à ma connaissance fait agir le sulfate diméthylique *sur les acides eux-mêmes*, *en l'absence d'eau*, de façon à réaliser la réaction

$$2R - CO^2H + SO^4(CH^3)^2 = SO^4H^2 + 2RCO^2CH^3.$$

Cette action est cependant possible et présente comme celle observée par Græbe l'avantage de faire intervenir une seule molécule de sulfate diméthylique pour deux molécules d'acide. Il est utile de souligner l'intérêt que présente dans la pratique la substitution du sulfate diméthylique à l'alcool méthylique : c'est un produit que l'industrie livre très pur à un prix raisonnable et sa faible volatilité le rend propre aux opérations faites à des températures relativement élevées. Son maniement n'est pas dangereux à condition d'opérer prudemment, c'est-à-dire en évitant de le respirer lorsqu'il est chaud ou de le répandre sur soi. A titre d'exemple voici comment on opère avec l'acide acétique :

Les deux liquides : sulfate diméthylique et acide acétique cristallisable sont mélangés dans un ballon, en rapport avec un réfrigérant de condensation. Le ballon est chauffé au bain d'huile lentement et progressivement : l'opération comporte visiblement deux phases : l'une qui se localise aux environs de 120° pendant laquelle on recueille de l'acétate de méthyle *absolument pur* et qui correspond à la formule

$$CH^3 - CO^2H + SO^4(CH^3)^2 = SO^4HCH^3 + CH^3 - CO^2CH^3$$

et l'autre pendant laquelle on élève progressivement la température du bain

d'huile jusqu'à atteindre et dépasser 200° et qui correspond à

$$CH^3-CO^2H + SO^4H\,CH^3 = SO^4H^2 + CH^3CO^2CH^3.$$

L'acétate de méthyle qui distille pendant cette seconde phase est légèrement souillé de gaz sulfureux et d'acide acétique : il est donc utile de le purifier. Le rendement en produit pur atteint et dépasse 80 pour 100 calculé d'après

$$2CH^3CO^2H + SO^4(CH^3)^2 = SO^4H^2 + 2CH^3CO^2CH^3.$$

Pour pallier à la petite décomposition signalée plus haut il est bon d'employer un petit excès ($0^{mol},25$) de sulfate diméthylique; l'observation a montré qu'il était avantageux de laisser digérer quelque temps le mélange primitif avant de le chauffer.

Ce mode opératoire s'est montré applicable aux acides mono, di et trichloracétiques, propionique, butyrique et valérianique.

Avec l'acide benzoïque le rendement en produit pur diminue tout en restant supérieur à 50 pour 100. La purification résulte de l'ébullition du produit brut avec l'eau bouillante : le sulfate diméthylique est décomposé et le sulfate acide de méthyle passe dans l'eau.

Pour la plupart des éthers obtenus la pureté a été contrôlée par titrage alcalimétrique, détermination de carbone par oxydation sulfo-chromique et pour quelques-uns par cryoscopie dans l'oxalate diméthylique (constante expérimentale observée, 49 concordant avec la valeur théorique 48,9 d'après le *Recueil des constantes de la Société de Physique*).

II. L'action du sulfate diméthylique sur l'acétate de potassium et sur le biacétate a été également examinée. Avec le biacétate l'opération suit un cours très régulier en accord avec la formule

$$CH^3CO^2H + CH^3CO^2K + SO^4(CH^3)^2 = SO^4KH + 2CH^3CO^2CH^3.$$

Le rendement atteint et dépasse 80 pour 100. L'allure observée correspond aux deux réactions successives

$$\begin{aligned} CH^3CO^2K + SO^4(CH^3)^2 &= SO^4K(CH^3) + CH^3CO^2CH^3,\\ CH^3CO^2H + SO^4K(CH^3) &= SO^4KH \quad + CH^3CO^2CH^3. \end{aligned}$$

On a donc été amené à étudier isolément ces deux réactions : avec l'acétate *en proportions équimoléculaires*, la réaction s'effectue bien d'accord avec la formule, mais le rendement est légèrement diminué par cette circonstance que le méthylsulfate solide qui se forme recouvre l'acétate également solide et gêne mécaniquement la réaction. Græbe qui a fait le même essai en

employant un grand excès de sulfate diméthylique — $1^{mol},75$ au lieu de 1^{mol} — a constaté que la réaction était complète dans ces conditions. Si, au contraire, on diminue de moitié la proportion de sulfate, le rendement s'abaisse davantage, en sorte qu'on ne peut espérer utiliser avantageusement la réaction

$$2\,CH^3CO^2K + SO^4(CH^3)^2 = SO^4K^2 + 2\,CH^3CO^2CH^3.$$

III. La seconde réaction, signalée plus haut, celle du méthylsulfate de potassium sur l'acide acétique a été suivie et soigneusement contrôlée pour en établir le bilan : le rendement est d'environ 70 pour 100 de rendement théorique comme celui de la première. Une partie au moins du déficit provient de la décomposition aux environs de 200° du méthylsulfate de potassium [1] en oxyde de méthyle et pyrosulfate. L'addition d'acide sulfurique ne diminue pas le rendement mais, au contraire, favorise le contact des surfaces réagissantes.

Le méthylsulfate de potassium peut également servir à méthyler l'acide benzoïque avec un rendement égal à celui que permet l'emploi du sulfate diméthylique.

En résumé, le sulfate diméthylique et le méthylsulfate de potassium peuvent en certains cas être en l'absence d'eau d'un emploi avantageux pour la méthylation des acides organiques à fonctions simples.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur le sulfure de picryle. Étude du binaire : tolite-sulfure de picryle.* Note [2] de MM. **A. Roche** et **V. Thomas**, présentée par M. A. Haller.

Au cours de recherches que l'un de nous fut amené à effectuer sur le chargement des bombes d'aviation, il mentionnait, à la date du 10 août 1918, l'existence dans certaines bombes d'origine allemande d'un explosif qui jusque-là avait passé inaperçu en France et avait été très vraisemblablement confondu avec l'hexanitrodiphénylamine. Ce composé fut identifié peu de temps après par M. Kling (3 septembre 1918) avec le sulfure de picryle.

Dès cette époque, l'un de nous attirait l'attention sur les propriétés assez curieuses de ce composé, entre autres sur la facilité avec laquelle il dégageait de l'ammoniac par traitement aux alcalis et sur sa grande résistance aux agents d'oxydation.

(1) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 1054-1056.

(2) Séance du 19 janvier 1923.

L'histoire de ce composé est encore loin d'être élucidée. Les travaux dont il a été l'objet sont peu nombreux. Les uns visent surtout sa production industrielle, tel est par exemple le brevet français 460-571 pris par la Sprengstoff Actien Gesellschaft carbonit qui revendique comme procédé de préparation l'action de l'hyposulfite de soude sur le chlorure de picryle; d'autres, la façon dont ce composé se comporte vis-à-vis des oxydants, tel est par exemple le travail de Blankma, paru dans la *Revue des travaux chimiques des Pays-Bas* en 1902, qui signale sa résistance à l'action de l'acide nitrique à 200° et le brevet 269826 en date du 20 octobre 1912 de la Sprengstoff Actien Gesellschaft qui réussit à le transformer en sulfone par l'action des oxydants en milieu nitrique. Enfin dans un brevet anglais 18354 (13 avril 1913), Carl Hartmann Schlebus signale ses propriétés explosives et sa grande stabilité qui lui permet de pouvoir être comprimé à 500 kg : cm^2 sans perdre sa propriété de « détoner ».

Depuis 1918, nous avons repris l'étude systématique de ce composé et ce sont les premiers résultats obtenus que nous nous proposons d'exposer ici.

Étude du binaire tolite-sulfure de picryle. — Une étude très sommaire de ce binaire avait été faite par l'un de nous, au cours de l'année 1918, en collaboration avec M. Culan.

Nous avons repris et complété cette étude.

La matière utilisée pour ces recherches est celle que nous avions retirée de chargements de bombes d'origine allemande et qui avait été purifiée par des cristallisations dans l'acétone.

Cette matière est caractérisée par la propriété de subir une fusion complète suivie presque instantanément d'une solidification totale. En même temps la matière change de couleur et ne fond plus ensuite qu'à une température bien plus élevée. La détermination de points de fusion au bloc Maquenne a donné 213° et 234°; cette détermination, effectuée dans des tubes chauffés dans un bain liquide, a donné 211° et 230°,5.

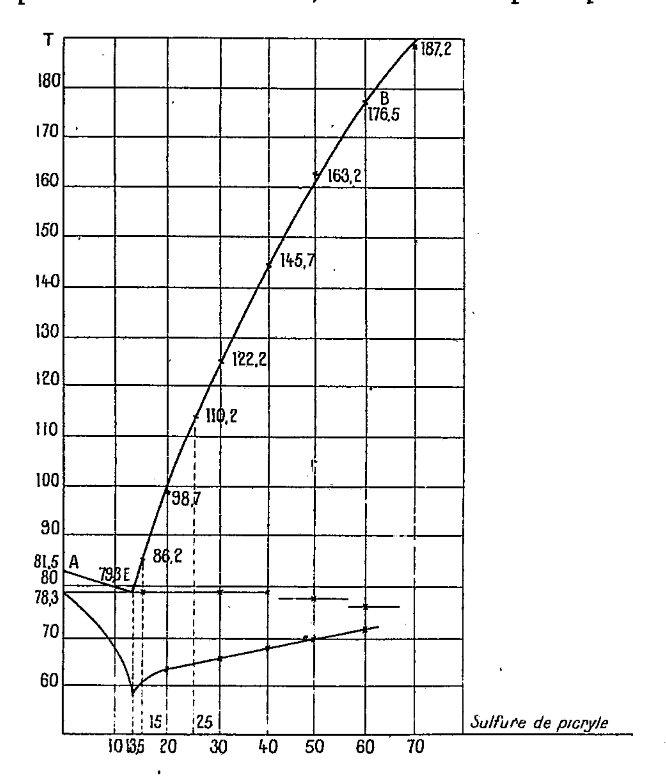
Chauffé dans un tube de verre, le produit fond, puis dégage des vapeurs nitreuses; il explose au voisinage de 300°. L'addition de tolite abaisse cette température d'explosion et cette dernière est alors beaucoup plus intense.

L'étude du binaire par la méthode thermique montre que les deux constituants sont miscibles à l'état liquide en toutes proportions et qu'il ne forme aucune combinaison définie. L'eutectique fond à 78°,3 et renferme 86,5 de tolite.

Toutefois nous n'avons pu pousser nos recherches sur des mélanges titrant plus de 70 pour 100 de sulfure de picryle. L'intérêt qu'aurait pré-

senté les déterminations était pourtant indéniable. En effet, avec les mélanges riches en sulfure de picryle, il est nécessaire de porter la masse à une température assez élevée pour pouvoir suivre la marche normale de refroidissement. Or, dans ces conditions, la température eutectique s'abaisse. Il nous a été impossible de savoir si cet abaissement doit être attribué à une altération de la tolite sous l'action de la chaleur, altération déjà signalée, ou à la présence du sulfure de picryle.

Dans une première série d'essais, nous n'avons pu expérimenter sur les



mélanges riches en sulfure de picryle parce que les vapeurs dégagées pendant l'expérience ont produit sur la face et sur toutes les parties nues de l'expérimentateur des phénomènes de vésication intense, sorte d'éruption qu'on aurait pu prendre comme conséquence de fièvre éruptive (rougeole). Des essais effectués peu de temps après avec le sulfure de picryle pur par l'opérateur ayant déjà subi l'action des vapeurs durent de même être interrompus; celui-ci ayant à nouveau été fortement incommodé, malgré les précautions prises (gants, masques).

Lorsqu'on opère sur des mélanges eutectiques ou très voisins de la com-

position eutectique (mélange à 15 pour 100 de sulfure), il semble que lors du refroidissement il se produise une sorte de phénomène de double surfusion. C'est ainsi, par exemple, qu'avec le binaire à 15 pour 100 de sulfure, le thermomètre qui baisse régulièrement jusque vers 74°,50 remonte rapidement à 76°,60, atteint 76°,65, redescend ensuite vers 75°,1 pour remonter finalement à la température de 78°,3. Il ne semble pas que cette anomalie puisse être attribuée à une mauvaise expérimentation et sa cause n'a pu être élucidée de façon certaine.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation de quelques éthers et de quelques dérivés glycidiques des alcoylglycérines.* Note de M. **Raymond Delaby**, présentée par M. A. Béhal.

En possession des alcoylglycérines précédemment décrites [1], j'ai préparé leurs dibromhydrines, leurs tribromhydrines, quelques épibromhydrines et tribenzoïnes.

Dibromhydrines-1.2, $CH^2Br - CHBr - CHOH - R$. — Ces éthers s'obtiennent avec un rendement sensiblement théorique par fixation de 1^{mol} de brome sur les vinylalcoylcarbinols en solution dans deux fois leur volume d'éther anhydre. On refroidit dans un mélange de glace et de sel; après élimination du solvant, on rectifie dans le vide.

Wagner [2] avait ainsi fixé le brome sur le vinyléthylcarbinol et prétendait avoir isolé un bromure instable $C^5H^{10}OBr^2$; M. Lespieau [3] prépara plus tard ce dibromo-1.2-pentanol-3 et le distilla sous pression réduite sans décomposition (Eb. 105°-109° sous 13^{mm}). Les dibromhydrines homologues se comportent de la même manière et se conservent sans altération. Ci-dessous leurs constantes :

	Éb.	Densités.	Densités.	Indices de réfraction.	Pouvoir réfringent moléculaire trouvé.	Pouvoir réfringent moléculaire calculé.
I.	102°-105°/13mm	$D_4^0 = 1,976$	$D_4^{20} = 1,944$	$N_D^{23} = 1,5405$	37,56	37,73
II.	112-115/15	$D_4^0 = 1,855$	$D_4^{19} = 1,828$	$N_D^{20} = 1,5327$	41,74	42,34
III.	126-129/13	$D_4^0 = 1,751$	$D_4^{19} = 1,724$	$N_D^{23} = 1,5230$	46,15	46,96
IV.	132-133/12	$D_4^0 = 1,638$	$D_4^{17} = 1,613$	$N_D^{16} = 1,5191$	51,56	51,58

I, *Dibromo-1.2-butanol-3*. — II, Dibromo-1.2-pentanol-3.
III, *Dibromo-1.2-hexanol-3*. — IV, *Dibromo-1.2-heptanol-3*.

---

(1) R. Delaby, *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 1152.
(2) G. Wagner, *J. Soc. ph.-ch. russe*, t. 16, 1884, p. 319.
(3) R. Lespieau, *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 880.

Tribromhydrines, $CH^2Br - CHBr - CHBr - R$. — L'éthérification de la fonction alcool secondaire des dibromhydrines précédentes ne s'effectue pas au moyen de l'acide bromhydrique gazeux réagissant sur ces composés maintenus à 110°-130°, ni par l'emploi du tribromure de phosphore. Cet exemple s'ajoute à d'autres précédemment connus.

Il faut recourir au pentabromure PBr^5 pour obtenir le résultat désiré : le dérivé halogéné est ajouté peu à peu à la dibromhydrine; vers la fin, on porte une demi-heure au bain-marie bouillant. Après refroidissement, le tout est versé sur de la glace, on extrait au chloroforme, sèche la solution, élimine le solvant et rectifie dans le vide. Ci-dessous les constantes des tribromhydrines :

	Éb.	Densités.	Densités.	Indices de réfraction.	Pouvoir réfringent moléculaire trouvé.	Pouvoir réfringent moléculaire calculé.
I........	110°-113°/19mm	$D_4^0=2,218$	$D_4^{16}=2,190$	$N_D^{15}=1,5691$	44,14	43,96
II........	125-128/21	$D_4^0=2,116$	$D_4^{14}=2,095$	$N_D^{14}=1,5621$	47,85	48,58
III.......	137-141/21	$D_4^0=1,914$	$D_4^{13}=1,896$	$N_D^{13}=1,5451$	53,70	53,20
IV.......	148-149/27	$D_4^0=1,850$	$D_4^{16}=1,827$	$N_D^{16}=1,5394$	57,81	57,82

I, Tribromo-1.2.3-butane. — II, *Tribromo*-1.2.3-*pentane*.
III, *Tribromo*-1.2.3-*hexane*. — IV, *Tribromo*-1.2.3-*heptane*.

Charon (¹) a obtenu la tribromhydrine de la méthylglycérine par une voie toute différente : fixation d'une molécule de brome sur le bromo-1-butène-2. Il a indiqué les constantes suivantes : Éb. 113°-114° sous 21mm, $D^0 = 2,2195$.

Epibromhydrines, $CH^2Br - \underset{\diagdown O \diagup}{CH - CH} - R$. — M. Lespieau a préparé l'épibromhydrine de l'éthylglycérine par action de l'éthylate de sodium sur la dibromhydrine correspondante. J'ai enlevé la molécule d'acide bromhydrique à ce composé et à ses homologues en solution dans l'éther anhydre au moyen de la potasse solide finement pulvérisée et récemment fondue; la réaction est facilitée par des agitations répétées. Après filtration, épuisement de la masse à l'éther et élimination du solvant, on rectifie dans le vide (rendement : 50 à 60 pour 100 de la théorie). Ces composés sont des liquides incolores aussi stables que les précédents.

L'*épibromhydrine de la méthylglycérine* distille à 142°-144° : $D_4^0 = 1,493$; $D_4^{18} = 1,468$; $N_D^{18} = 1,4685$; R. M. trouvé = 28,6; calculé = 27,9,

(¹) E. Charon, *Ann. Ch. et Ph.*, 7e série, t. 17, 1899, p. 239.

L'*épibromhydrine de la butylglycérine* possède une odeur anisée agréable et passe à 202°-205° ou à 91° sous 11^{mm} : $D_4^{17} = 1,246$; $N_D^{13} = 1,4675$; R. M. trouvé = 49,2; calculé = 41,7.

Tribenzoïnes :

$$CH^2(O.CO.C^6H^5)-CH(O.CO.C^6H^5)-CH(O.CO.C^6H^5)-R.$$

Pour obtenir les éthers tribenzoïques des alcoylglycérines, j'ai suivi la technique indiquée par Lipp et Miller (¹) pour la glycérine ordinaire, soit l'action d'un excès de chlorure de benzoyle (5^{mol}) sur l'alcoylglycérine (1^{mol}) en présence de soude et à basse température.

Je n'ai préparé que les éthers des deux premiers termes, c'est-à-dire ceux des méthyl- et éthylglycérines qui sont liquides; les propyl- et butylglycérines se caractérisant d'elles-mêmes par leur point de fusion.

La *tribenzoïne de la méthylglycérine* se présente en houppes caractéristiques fusibles à 79°-80° (recristallisée dans l'alcool à 95°).

La *tribenzoïne de l'éthylglycérine* est en sphérules cristallisées fusibles à 99°-100°.

GÉOLOGIE. — *Sur la faune et l'âge du calcaire carbonifère de Saint-Ségal* (Finistère). Note de M. Y. **Milon**, présentée par M. Ch. Barrois.

La lentille de calcaire carbonifère de Saint-Ségal, étudiée par M. Barrois en 1889, est intercalée dans les formations puissantes de schistes et grès du *Culm* du Bassin de Châteaulin. Une petite carrière abandonnée ne permet d'étudier que la partie superficielle de la formation calcaire. De longues recherches nous ont permis cependant de rassembler de nombreux fossiles; représentants d'une faune très variée et assez caractéristique répartie dans toute la masse d'une roche *pseudo-bréchoïde*, que le microscope montre constituée de débris d'organismes, particulièrement d'algues calcaires. Cf. *Solenopora*, *Mitcheldeania*, qui semblent avoir joué un rôle très important dans l'édification de ces dépôts.

La faune étudiée sous la direction de M. Delépine nous a fourni les principales espèces suivantes :

Productus semireticulatus Mart., *P. Martini* Sow., *P. striatus* Fisch., *P. scabriculus* Mart., *P. Deshayesianus* de Kon., *P. latissinnus* Sow., *P. aculeatus* Mart., *P. carringtonianus* Dav.

(¹) A. Lipp et P. Miller, *Journ für prakt. Chem.*, t. 88, 1913, p. 361.

Spirifer striatus Mart., *S. ovalis* Phill., *S. carlukiensis* Dav.
Athyris ingens de Kon.

et de nombreuses autres espèces de brachiopodes moins caractéristiques : Rhynchonelles, Térébratulides, *Orthis, Spiriferina*, quelques Gastropodes, des Orthocères, d'assez nombreuses sections de *goniatites* malheureusement indéterminables, des fragments assez rares de pygidium de trilobites. Les polypiers sont rares; nous avons pu cependant découvrir un buisson de *Lithostrotion irregulare* Phill., et reconnaître par une série de coupes une forme voisine de *Uralinia* (cf. *U. multiplex* Ludw.) figurée par Stuckenberg (¹) parmi les polypiers du Carbonifère de l'Oural et qui n'a pas encore été signalée dans l'Europe occidentale. Les foraminifères ne sont pas rares, et se rapportent aux genres *Endothyra*, *Valvulina*, *Trochammina*, *Textularia*.

Cette faune n'était pas connue jusqu'ici dans le Massif armoricain. Les calcaires du bassin de Laval ne semble pas dépasser en effet les niveaux du Viséen inférieur et moyen, tandis que le calcaire de Saint-Ségal devrait se placer au sommet du Viséen, sinon au niveau des couches de passage du Dinantien au Moscovien et correspondre au *Houiller sans houille* (*H*1*a*) des formations de la Belgique.

Les calcaires de Saint-Ségal pourraient même être plus récents, car on trouve jusque dans le Moscovien des faunes offrant sensiblement les mêmes caractères que celle que nous venons de décrire. Les données recueillies jusqu'à présent ne permettent de préciser qu'une limite inférieure qui est l'extrême sommet du Viséen.

Conclusion. — La sédimentation *calcaire* s'est poursuivie dans le bassin de Châteaulin longtemps après avoir cessé dans le bassin de Laval. Ces deux régions carbonifères du Massif armoricain semblent donc avoir évolué de façon très différente, sinon isolément.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur la morphologie de l'arc scapulaire des Reptiles permiens de Madagascar.* Note de M. **Jean Piveteau.**

M. Boule a signalé, dès 1908, l'existence d'une faune et d'une flore permiennes dans le sud-ouest de Madagascar, d'après les découvertes du capitaine Colcanap.

(¹) *Mém. du Comité géol.*, t. 10, n° 3, pl. XX, fig. 5, Saint-Pétersbourg, 1895.

Dans les deux Notes qu'il a publiées en 1908 et en 1910 sur ce sujet, il a fixé la position stratigraphique de cette faune et il y a distingué un certain nombre de formes reptiliennes. Il a montré, en particulier, la présence dans les couches à Glossopteris de types à affinités rhynchocéphaliennes qu'il a pu rapprocher de certains genres européens et sud-africains : *Kadaliosaurus* de Saxe, *Protorosaurus* de Thuringe, *Saurosternon* de l'Afrique du Sud.

Parmi ces nombreux échantillons, que M. Boule m'a chargé d'étudier en détails, une forme représentée par des individus de divers âges remarquablement conservés, m'a permis de suivre l'évolution des différents organes.

Ce sont les résultats, relatifs à la ceinture scapulaire de ce type, que je présente ainsi.

Je laisserai de côté les formations d'origine dermique (clavicules, interclavicule) et je ne m'occuperai que de l'élément scapulo-coracoïdien.

Le scapulum donne une partie de la cavité glénoïde. Il est court et s'élargit à sa partie distale en forme de hache.

La plaque coracoïdienne est constituée par deux pièces. La pièce antérieure ovale forme l'autre partie de la cavité glénoïde.

Au-dessus de l'articulation scapulo-coracoïdienne se trouve un orifice qui devait donner passage au nerf supracoracoïdien. Par sa forme, par ses connexions, par la présence d'un *foramen coracoideum*, cette pièce antérieure est l'homologue du précoracoïde des reptiles primitifs et du coracoïde unique des reptiles actuels.

La dénomination du précoracoïde est à rejeter, car ainsi que l'ont montré MM. Anthony et Vallois dans leur Mémoire fondamental sur la signification des éléments ventraux de la ceinture des Amphibiens, ce nom a été créé pour une pièce de la ceinture des Urodèles, qui n'est qu'une apophyse dorsale du scapulum.

Nous appellerons donc, suivant les auteurs précités, *coracoïde antérieur* l'élément que nous venons de décrire.

En arrière de cette première pièce on voit une seconde plaque elliptique, ne présentant aucune connexion avec les côtes et qui doit être considérée comme un *coracoïde postérieur*.

Si nous en suivons l'évolution nous la voyons augmenter de taille, et se souder chez l'adulte sur la ligne médiane, avec la plaque symétrique. L'ensemble affecte alors la forme d'un véritable sternum et devait vraisemblablement remplir le rôle du sternum.

Nous nous trouvons donc en présence d'un reptile présentant un coracoïde

formé de deux pièces : un *coracoïde antérieur* qui s'articule avec le scapulum pour former la cavité glénoïde et un *coracoïde postérieur* qui se sternalise.

Cette disposition paraît distinguer les formes de Madagascar de la plupart des Reptiles permiens (Thérocéphales, Déinocéphales, Cotylosauriens, Dromasauriens, Dicynodontes, Anomodontes, etc.) qui présentent bien une plaque ventrale constituée par deux éléments coracoïdiens, mais où toujours ces deux coracoïdes entrent dans la constitution de la cavité glénoïde.

Par contre on a décrit sur *Broomia*, *Heleosaurus* et quelques autres genres (tous voisins des formes que j'étudie ici) une seule plaque coracoïdienne correspondant au coracoïde antérieur; mais le mauvais état de conservation de ces échantillons permet de se demander si l'absence du coracoïde postérieur n'est pas due à un accident de fossilisation.

De même Haughton vient de décrire sur des Reptiles fossiles provenant de la région du Tanganyka une large plaque sternale qui pourrait bien être l'homologue de la pièce impaire que possèdent les individus adultes de Madagascar.

Ainsi la présence de deux éléments coracoïdiens chez les reptiles les plus anciens apparaît comme un fait général. Le coracoïde postérieur se présente sous deux modes différents : dans le cas le plus fréquent il prend part à la formation de la cavité glénoïde; plus rarement il se sternalise.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur le système respiratoire des plantes.* Note de M. **Methodi Popoff**.

D'après l'hypothèse généralement admise les feuilles sont les organes presque uniques de la respiration des plantes. L'oxygène qu'elles tirent de l'air, comme celui qui se dégage pendant le processus de l'assimilation, circulerait dans les espaces intercellulaires et viendrait ainsi en contact avec toutes les cellules vivantes de la plante. Le corps d'une plante serait, d'après cette manière de voir, semblable à une éponge imbibée d'oxygène. La plante ne pourrait se débarrasser des produits de l'oxydation, qui a lieu dans chaque cellule vivante, que par la diffusion des gaz dans les espaces intercellulaires. Cette hypothèse se heurte à des difficultés presque insurmontables quand il faut expliquer le mécanisme de la respiration des cellules du tronc et des racines pour un arbre même de dimensions médiocres, le mécanisme de l'aération étant très insuffisant.

Toutes ces difficultés disparaissent si l'on admet que les plantes ont un système respiratoire qui présente beaucoup d'analogie, au point de vue physiologique, avec le système respiratoire des animaux.

En effet : d'après des recherches multiples et variées, les sels de Mg, Mn, K, Na, Ca, Fe se trouvent dans le sérum sanguin de tous les animaux. Chez les animaux invertébrés, dépourvus de corps sanguins différenciés, le transport de l'oxygène nécessaire pour la respiration des cellules se fait par le sérum sanguin. Il n'y a pas de raison pour admettre que ce rôle respiratoire du sérum sanguin se perde avec la différenciation des corps sanguins, qui, chez les animaux vertébrés, sont plus spécialement chargés du transport de l'oxygène vers les tissus vivants grâce à la présence d'hémoglobine. Mais le rôle respiratoire du sérum sanguin se fait tout de même remarquer aussi chez les animaux vertébrés, quoiqu'il passe ici au second plan.

Les mêmes solutions minérales circulent aussi dans les vaisseaux des plantes.

Par ses racines la plante puise des sels minéraux nécessaires à la nutrition, tels que $MgSO^4$, KCl, KNO^3, $NaCl$, $CaSO^4$, $CaH^4(PO^4)^2$, $Fe^3(PO^4)^2$, etc. à l'état de solution. L'oxygène absorbé de cette solution est transporté par les vaisseaux du xylème et transmis aux tissus végétaux des racines, du tronc et des branches de la plante. C'est dans ce réservoir d'oxygène absorbé que les cellules végétales puisent l'oxygène nécessaire à la respiration.

La circulation des solutions minérales dans les vaisseaux et par conséquent dans les tissus des plantes étant assurée par l'évaporation incessante des feuilles, on comprend que les cellules végétales, même les plus cachées dans l'intérieur du tronc et des racines, seront en contact incessant avec l'oxygène. Il va sans dire que les tissus superficiels des plantes, de même que les tissus superficiels des animaux, qui sont en contact direct avec l'air, puisent l'oxygène directement de l'air même.

Pendant la circulation, l'eau qui a cédé au fur et à mesure son oxygène se charge d'acide carbonique et des dérivés divers du processus vital et les amène jusqu'aux feuilles où la plante se décharge de ces excrétions et en premier lieu de l'acide carbonique, qui pendant le jour est utilisé dans le processus d'assimilation.

Dans les feuilles le courant nutritif et respiratoire vient une seconde fois en contact avec l'air et y puise, d'après la loi d'Henry Dalton, la quantité d'oxygène qu'il peut absorber. Le courant respiratoire est ainsi de nouveau

oxygéné et à partir de ce moment, muni des substances organiques élaborées par les feuilles, il devient descendant en suivant les vaisseaux du liber.

Les deux courants (le courant ascendant et le courant descendant) viennent en communication par les rayons médullaires, de la même façon que les vaisseaux sanguins des animaux communiquent entre eux par les vaisseaux capillaires. On se trouve chez les plantes en face d'un système circulatoire bien développé. Les sucs qui y circulent ont la fonction nutritive d'une part et la fonction respiratoire de l'autre. L'analogie physiologique des fonctions respiratoires des sucs chez les animaux et chez les végétaux est ainsi complètement établie et les idées sur l'analogie des fonctions végétales et animales énoncées par le génie de Claude Bernard trouvent de ce fait une nouvelle et éclatante confirmation.

Les organes qui entretiennent la circulation des sucs dans les plantes sont en premier lieu les feuilles, par la transpiration énorme qui s'y réalise. Pendant l'hiver la circulation est minime, minimes seront aussi les processus respiratoires. C'est pourquoi la plante demeure à l'état de *vita minima*. Cet état fait place au printemps, avec le développement des feuilles, à une augmentation des processus d'oxydation pour des raisons que j'ai déjà mentionnées.

MICROCHIMIE VÉGÉTALE — *Sur la nature protéolipoïdique des stérinoplastes du Lis blanc.* Note de M. **Marcel Mirande.**

Dans une Note récente (29 janvier) j'ai signalé la présence, dans l'épiderme des écailles bulbaires du Lis blanc, d'organites d'assez grande taille auxquels j'ai donné le nom de *stérinoplastes*. Ce sont des vésicules sphériques, à enveloppe assez épaisse, contenant un corps central de nature lipoïde laissant déposer sous forme cristalline, au voisinage de l'ébullition dans l'eau, une substance qui, ainsi que je le montrerai ultérieurement, est une *phytostérine*.

Pour étudier ces organites, les grossissements moyens du microscope suffisent. On les examine *in situ*, dans la cellule, en détachant à l'aiguille des lambeaux d'épiderme; en outre, une technique très simple permet de les isoler comme on ferait de grains d'amidon ou de chlorophylle : avec une aiguille triangulaire on frotte très légèrement la surface d'une écaille et l'on dépose sur la lame porte-objet le suc ainsi extrait qui contient, avec des grains d'amidon provenant de l'assise sous-épidermique, de nombreux

stérinoplastes. Pour rendre ces derniers plus apparents encore, on peut les colorer par le bleu de crésyl. Ces frottis, frais ou après dessiccation, sont aptes à être soumis aux réactifs d'étude les plus divers.

Les observations qui suivent ont pour but de déterminer la nature de l'enveloppe ou *manteau* de ces organites.

Si l'on traite, dans la cellule, les stérinoplastes par quelque solvant des matières lipoïdes, ils disparaissent, rapidement dissous de la périphérie au centre, semblant ne laisser aucun résidu; ce n'est là en effet qu'une apparence.

Déjà, sans réactif, avec un peu d'attention, on peut constater que le manteau est bordé, extérieurement, par une mince zone finement granuleuse. Assez souvent on peut discerner, dans le reste de l'épaisseur du manteau, des stries concentriques plus ou moins ondulées. Divers agents (acides dilués, potasse, formol, etc.) font apparaître clairement la pellicule externe du manteau, la structure granuleuse des stries, et souvent une pellicule de même structure, mais plus dense, bordant le manteau à l'intérieur contre la masse centrale.

Traitons des stérinoplastes, isolés sur frottis, par le brun Bismarck en solution alcoolique (cette matière est d'ailleurs peu soluble dans l'eau). Sous l'influence de l'alcool les stérinoplastes se dissolvent rapidement, laissant à leur place, tout à fait intacte, sous la forme d'une vésicule sphérique vide, colorée en jaune brun, leur pellicule externe finement granuleuse; en outre, pendant les premiers instants, on peut voir, à l'intérieur de cette vésicule, un grand nombre de granulations colorées en jaune brun et agitées de mouvement brownien. Tout ce résidu, coloré par un réactif qui agit, en général, de la même manière sur les matières albuminoïdes, nous autorise déjà à penser qu'il est de nature albuminoïde. Dans ce cas, le manteau est constitué par une couche mince externe formant une pellicule protéique, et par une couche interne assez épaisse constituée par des zones granuleuses protéiques mélangées à une matière lipoïde; cette dernière couche est limitée, intérieurement, par une pellicule granuleuse plus dense et de nature également protéolipoïde.

Sous l'influence de l'alcool ou de quelque autre solvant des matières lipoïdes, la gangue lipoïde de la couche interne du manteau est dissoute, les stries granuleuses protéiques de cette couche sont disloquées, et seule demeure intacte la pellicule externe.

Les stérinoplastes se colorent par l'éosine à l'eau; si on les traite ensuite par l'alcool il ne reste plus d'eux que la vésicule formée par la pellicule externe colorée en beau rouge. Le bleu d'aniline colore la pellicule externe en bleu, les couches concentriques granuleuses protéiques de l'épaisseur du manteau en bleu plus clair; le passage de l'alcool laisse à la place des stérinoplastes leur pellicule externe vivement colorée. Enfin on peut simplement, sur frottis, traiter les stérinoplastes par un solvant des lipoïdes qui ne laisse intacte que la pellicule externe que l'iode colore en jaune.

Remarquons que les liquides ci-dessus sont des colorants des matières albuminoïdes. Appliquons maintenant aux stérinoplastes les réactions directes de ces matières; je ne citerai que les deux réactions qui m'ont donné les meilleurs résultats.

Par la réaction de Guesda (sulfate de nickel et ammoniaque), le manteau se colore en jaune; il s'élargit en gonflant légèrement, montre ses granulations colorées en jaune clair et la pellicule externe en jaune plus vif. La réaction commence déjà à froid si les proportions du réactif sont bien atteintes, par tâtonnement; sous l'action ménagée de la chaleur, on arrive à faire cristalliser le corps central à l'intérieur du manteau bien intact.

Après lavage à l'eau on fait passer de l'alcool qui dissout le corps central, disloque les zones granuleuses du manteau et laisse intacte la pellicule externe sous forme d'une vésicule sphérique colorée en jaune (réaction des matières alluminoïdes).

La réaction d'Axenfeld (chlorure d'or au $\frac{1}{1000}$ et une goutte d'acide formique), qui colore en rouge les matières aluminoïdes, colore le manteau en beau rouge; le corps central est à peine teinté. Après lavage à l'eau et passage de l'alcool il ne reste plus que la pellicule externe colorée en rouge.

Le nitrate d'argent ammoniacal n'est pas, à proprement parler, un réactif des matières alluminoïdes; les substances aldéhydiques, en général, le réduisent. Mais en l'occurence, il donne sur les stérinoplastes une intéressante indication basée sur les propriétés aldéhydiques que possède le protoplasme. Sous l'influence de ce réactif et par l'action ménagée de la chaleur, le manteau se colore en beau jaune, s'élargit, montre clairement ses couches concentriques et finit par devenir noirâtre. Après lavage à l'eau et passage de l'alcool il ne reste plus, des stérinoplastes, que leur pellicule externe finement granuleuse colorée en noir par le dépôt d'argent.

En résumé : le corps central des stérinoplastes est de nature lipoïde; le manteau est constitué par une couche externe mince uniquement protéique, et une couche interne plus épaisse, formée de matière protéique en stries concentriques granuleuses unies par de la matière lipoïde; il est limité, à l'intérieur, par une mince pellicule granuleuse plus dense mais également, semble-t-il, protéolipoïdique. Toute la couche interne est disloquée par dissolution de la gangue lipoïde, et ses débris protéiques restent au sein de la pellicule externe essentiellement protéique et qui reste intacte.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Nouvelles recherches relatives à la présence de la loroglossine dans les Orchidées indigènes.* Note de M. **P. Delauney**, présentée par M. L. Guignard.

Dans deux Notes antérieures ([1]), j'ai établi que la loroglossine, glucoside isolé par Bourquelot et Bridel du *Loroglossum hircinum* Rich., existe aussi dans les cinq Orchidées suivantes : *Orchis Simia* Lam., *O. bifolia* L., *Ophrys aranifera* Huds., *O. apifera* Huds., *Cephalanthera grandiflora*

([1]) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 435, et t. 172, 1921, p. 471.

Babingt. J'ai traité par la méthode déjà indiquée [1] onze autres espèces de la même famille, savoir : *Epipactis latifolia* All., *E. atrorubens* Hoffm., *Ophrys muscifera* Huds., *Orchis pyramidalis* L., *O. conopsea* L., *O. purpurea* Huds., *O. Morio* L., *O. maculata* L., *O. latifolia* L., *O. mascula* L., *O. militaris* Huds., et j'ai pu extraire de chacune d'entre elles un glucoside cristallisé, qui a été identifié avec la loroglossine.

C'est donc un nouveau genre, le genre *Epipactis*, à ajouter à ceux dans lesquels la loroglossine avait été déjà décelée.

J'indiquerai seulement, pour chaque espèce nommée ci-dessus, les conditions de récolte de la plante et le pouvoir rotatoire du glucoside, qui en a été extrait. Je rappelle que la plante a toujours été traitée à l'état frais et que l'ensemble des parties aériennes (tige, feuilles, fleurs) a seul été utilisé.

Epipactis latifolia All. — Poids de plante traité : $2^{kg},145$, récoltés en diverses stations des environs de Paris en juin-juillet 1921.

Pouvoir rotatoire du glucoside : $[\alpha]_D = -42°,05$ [2]

$$(\alpha = -54'; p = 0^g,1070; v = 10^{cm^3}; l = 2).$$

Epipactis atrorubens Hoffm. — Poids de plante traité : $3^{kg},220$, récoltés le 10 juillet 1921 à Mairy-sur-Marne (Marne).

Pouvoir rotatoire du glucoside $[\alpha]_D = -41°,71$

$$(\alpha = -48'; p = 0^g,0959; v = 10^{cm^3}; l = 2).$$

Ophrys muscifera Huds. — Poids de plante traité : $1^{kg},165$, récoltés en mai-juin 1920-1921 en différents endroits aux environs de Paris.

Pouvoir rotatoire du glucoside : $[\alpha]_D = -42°,78$

$$(\alpha = -1°; p = 0^g,1753; v = 15^{cm^3}; l = 2).$$

Orchis pyramidalis L. — Poids de plante traité : $0^{kg},900$, récoltés le 11 juin 1914 et le 24 mai 1920 par M. Hérissey, au Boulay-Morin (Eure).

Pouvoir rotatoire du glucoside : $[\alpha]_D = -42°,60$

$$(\alpha = -1°14'; p = 0^g,2171; v = 15^{cm^3}; l = 2).$$

Orchis conopsea L. — Poids de plante traité : $1^{kg},340$, récoltés le 11 juin 1914 et le 24 mai 1920 par M. Hérissey, au Boulay-Morin (Eure).

Pouvoir rotatoire du glucoside : $[\alpha]_D = -42°,33$

$$(\alpha = -1°19'; p = 0^g,1555; v = 10^{cm^3}; l = 2).$$

---

(1) *Loc. cit.*

(2) Rappelons que Bourquelot et Bridel ont donné comme pouvoir rotatoire de la loroglossine $[\alpha]_D = -42°,97$.

Orchis purpurea Huds. — Poids de plante traité : $1^{kg},890$, récoltés à Lardy (Seine-et-Oise) et aux environs d'Evreux (Eure) en mai 1920.

Pouvoir rotatoire du glucoside : $[\alpha]_D = -42°,34$

$$(\alpha = -48'; p = 0^g,1417; v = 15^{cm^3}; l = 2).$$

Orchis Morio L. — Poids de plante traité : $5^{kg},230$, dont $0^{kg},800$, récoltés en mai 1914 par M. Bridel, à Lardy (Seine-et-Oise), et le reste aux environs de Treignac (Corrèze), en mai 1922.

Pouvoir rotatoire du glucoside : $[\alpha]_D = -42°,73$

$$(\alpha = -52'; p = 0^g,1014; v = 10^{cm^3}; l = 2).$$

Orchis maculata L. — Poids de plante traité : $2^{kg},580$, récoltés aux environs de Treignac (Corrèze) en mai 1922.

Pouvoir rotatoire du glucoside : $[\alpha]_D = -41°,66$

$$(\alpha = -50'; p = 0^g,100; v = 10^{cm^3}; l = 2).$$

Orchis latifolia L. — Poids de plante traité : $5^{kg},825$, récoltés à Esbly (Seine-et-Marne) le 28 mai 1922.

Pouvoir rotatoire du glucoside : $[\alpha]_D = -41°,50$

$$(\alpha = -50'; p = 0^g,1004; v = 10^{cm^3}; l = 2).$$

Orchis mascula L. — Poids de plante traité : $3^{kg},205$, récoltés à Treignac (Corrèze) le 22 mai 1922.

Pouvoir rotatoire du glucoside : $[\alpha]_D = -42°,35$

$$(\alpha = -52'; p = 0^g,1023; v = 10^{cm^3}; l = 2).$$

Orchis militaris Huds. — $1^{kg},580$ de cet *Orchis*, récoltés le 21 mai 1922 à l'Isle-Adam (S.-et-O.) et traités le 22, ont permis d'obtenir finalement, sur amorce avec de la loroglossine pure, une cristallisation très nette, mais la quantité de glucoside isolé était insuffisante pour qu'il pût être procédé aux purifications nécessaires en vue de déterminations numériques. Néanmoins, je crois pouvoir affirmer que la loroglossine existe dans cette espèce, comme dans toutes celles qui ont été mentionnées ci-dessus.

Le glucoside retiré de toutes ces espèces présentait d'ailleurs tous les caractères de la loroglossine : coloration rouge groseille par l'acide sulfurique concentré, forte rétraction vers +130° par chauffage en tube capillaire pendant la détermination du point de fusion, formation d'un produit rougeâtre résinoïde au cours de l'hydrolyse par l'acide sulfurique dilué et d'un précipité blanc amorphe pendant l'hydrolyse fermentaire, par l'émulsine.

Ainsi la loroglossine a été isolée, jusqu'à présent, de 17 espèces d'Orchidées indigènes appartenant à cinq genres différents. Il est intéressant de retrouver le même glucoside dans des plantes assez dissemblables par leurs appareils végétatifs tels que les *Loroglossum*, *Orchis*, *Ophrys* d'une part et les *Cephalanthera* et *Epipactis* d'autre part.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Observations sur la nécrobiose du protoplasme végétal avec l'aide d'un nouveau réactif vital.* Note de M. **Paul Becquerel**, présentée par M. L. Mangin.

Depuis une quarantaine d'années, les belles recherches de Certes (1881), d'Henneguy (1883), de Pfeffer (1886), reprises plus récemment par de nombreux observateurs, particulièrement par Ruzicka, de Beauchamp, Dangeard, nous ont montré le parti que nous pouvions tirer des colorations vitales avec l'aide des couleurs basiques d'aniline pour l'étude du protoplasme vivant.

Ces colorants en solution aqueuse ne se fixent pas sur le cytoplasme et le noyau vivants; ils ne font que l'imprégner. Par contre le suc cellulaire, lorsqu'il est acide, les absorbe en produisant des combinaisons. La véritable coloration du cytoplasme et du noyau n'a lieu que lorsque la cellule est morte.

Nous avons donc là un moyen précieux, non seulement pour reconnaître dans un tissu cellulaire ce qui est mort ou vivant, mais encore pour suivre la décomposition du protoplasme, sa nécrobiose, c'est-à-dire son passage de la vie à la mort.

En poursuivant des recherches particulières sur la vitalité du protoplasme de la cellule de l'épiderme supérieur de la feuille écailleuse du bulbe de l'*Allium Cepa*, nous avons été amené à modifier la technique des auteurs précités.

Nous avons composé un réactif vital en mélangeant deux parties de bleu de méthylène, avec une partie de brun de Bismarck et une partie de rouge neutre, chaque colorant se trouvant dans de l'eau de source en solution aqueuse au $\frac{1}{10000}$. Ce réactif doit être constitué au moment de s'en servir. Il n'est pas très toxique puisque les épidermes peuvent rester vivants dans une goutte entre lame et lamelle pendant plus de 24 heures.

Lorsque les préparations sont réussies, la cellule par imprégnation présente une triple coloration. La membrane est verte, le protoplasme et le noyau jaune paille, la vacuole rose brun, les microsomes sphériques verdâtres, translucides. On voit ces derniers, qui ont été maintes fois décrits depuis Hanstein (1881), circuler dans le cytoplasme pariétal comme les globules du sang. Le spectacle en est impressionnant. C'est la première fois, à ma connaissance, qu'on signale l'existence de ces courants cyto-

plasmiques dans les cellules d'organe en vie ralentie. Les cellules de l'épiderme examiné à sec, venant d'être détaché de la feuille, présentent ces mouvements pendant plusieurs jours. Nous y reviendrons, d'ailleurs.

Aussitôt que la mort survient, soit par l'action de la chaleur, d'un poison, d'un fixateur, d'une blessure, d'un écrasement, de la plasmolyse ou de toute autre cause, l'aspect de la cellule change très rapidement, c'est le noyau qui paraît être le premier atteint. Sa coloration jaune paille devient verte avec des taches brunes; les deux nucléoles bleuissent. Le cytoplasme prend une teinte bleu verdâtre plus légère, pendant que la grande vacuole semble avoir disparu, son suc cellulaire coloré ayant été absorbé par le cytoplasme.

Dans ce phénomène de changement de coloration indiquant le passage de la vie à la mort, il est intéressant de noter que ce n'est pas le colorant de la vacuole centrale qui teinte le cytoplasme et le noyau morts, comme cela se passe ordinairement, lorsqu'on emploie un seul colorant vital. En effet la vacuole est colorée en rose brun par le rouge neutre et le brun de Bismarck; mais c'est le bleu de méthylène qui momentanément inactif a pris, au moment de la mort, le dessus sur les deux autres colorants du mélange.

Cette triple coloration plus sensible qu'une coloration unique m'a permis de déterminer d'une façon précise, au moins pour le cytoplasme de l'épiderme du bulbe de l'*Allium Cepa* qui a le grand avantage de ne pas être masqué par une accumulation de plastes et de substances de réserves, quelle est la différence de structure qui sépare le cytoplasme vivant du cytoplasme mort.

En effet le cytoplasme vivant, dont la couche pariétale et les trabécules traversant la vacuole centrale se détachent nettement sur le fond légèrement coloré du suc cellulaire, se présente *comme une substance homogène, sans structure, transparente* plus visqueuse sur la surface en contact avec la membrane ou avec le suc cellulaire. Son intérieur est suffisamment fluide pour être parcouru par des courants qui modifient sa répartition dans la cellule. Ce cytoplasme fluide, examiné directement à l'ultramicroscope en dehors de tout colorant, paraît optiquement vide. Dès que sous une cause quelconque, la nécrobiose se manifeste, et cela en quelques secondes, on observe les changements physiques suivants. La turgescence disparaît, le cytoplasme *prend une structure*, il se transforme en une gelée granuleuse, spongieuse, vacuolaire, qui à l'ultramicroscope n'est plus optiquement vide.

Cette coagulation de la substance fondamentale du cytoplasme se suit facilement au microscope, on la voit souvent partir du noyau, gagner la partie pariétale, envahir les ramifications extrêmes où le courant s'arrête comme figé. Les microsomes n'avancent plus; comparables à des glaçons charriés, après avoir oscillé sur place pendant quelques secondes, ils s'immobilisent faisant corps avec le milieu devenu granuleux. La nécrobiose est terminée, le cytoplasme est mort. Les phénomènes qui surviendront plus tard comme ceux de la dégénérescence graisseuse du protoplasme, l'autolyse des corpuscules, du noyau, etc. n'ont plus aucun intérêt pour expliquer la mort.

La conclusion qui se dégage de ces observations, c'est que, quelle que soit la manière dont le protoplasme végétal est tué, *son passage de la vie à la mort se traduit toujours par une transformation colloïdale irréversible de la substance fondamentale du cytoplasme et du nucléoplasme.*

Cette transformation nettement mise en évidence, soit par l'ultramicroscope, soit au microscope par le changement de coloration de notre réactif vital (bleu de méthylène, brun de Bismarck, rouge neutre), montre que le protoplasme passe de l'état d'un gel homogène à un état de gel granuleux hétérogène plus ou moins vacuolaire ou réticulaire selon son genre de mort.

Cette modification moléculaire indiquant un changement de la nature de l'électricité des molécules du gel du cytoplasme, qui de négative pendant la vie est devenue positive après la mort puisqu'à ce moment seulement elles absorbent les molécules chargées d'électricité négative du bleu de méthylène, doit également s'accompagner d'une modification chimique de nature inconnue lui conférant l'irréversibilité.

Enfin ces phénomènes de nécrobiose, il n'est pas inutile de le souligner, attirent de nouveau l'attention sur l'importance biologique capitale de la substance fondamentale du protoplasme que les cytologistes dans ces dernières années ont quelque peu négligée en attribuant aux microplastes divers, mitochondries, microsomes, le rôle essentiel dans les manifestations des phénomènes de la vie cellulaire.

Ce rôle biologique est si peu essentiel, que les protoplames des végétaux les plus rudimentaires ne possèdent ni chondriome, ni plastidome, ni sphérome, tels ceux de nombreuses espèces de Cyanophycées qui, après avoir traversé des millions de siècles depuis leur apparition à la surface de la Terre, n'en manifestent pas moins aujourd'hui la plus prodigieuse vitalité.

BOTANIQUE. — *Recherches biologiques sur des plantes à tiges rampantes.* Note de M. G.-L. Funke, présentée par M. J. Costantin.

Les tiges rampantes et dressées d'une même plante présentent le plus souvent des structures très différentes; les circonstances dans lesquelles elles croissent sont aussi très différentes, surtout aux deux points de vue suivants : d'abord, les tiges rampantes poussent d'une façon générale dans une direction perpendiculaire à celles de la pesanteur, y sont soumises pendant toute leur vie, tandis que les tiges dressées se dirigent de bas en haut; de plus, l'état hygrométrique est toujours de beaucoup plus élevé dans les couches d'air les plus rapprochées du sol, entre les herbes, là où poussent les tiges rampantes, que dans les couches d'air situées au-dessus, là où se trouve la plus grande partie des tiges dressées.

Le but de mes expériences était de chercher si vraiment ces deux facteurs entrent pour quelque chose dans la différence de structure des deux sortes de tiges. J'ai fait deux séries de recherches; d'une part, les plantes comparables le plus souvent du même pied étaient cultivées dans une atmosphère sèche et dans une atmosphère très humide; d'autre part, je conduisais des stolons d'une même plante de bas en haut ou inversement et horizontalement, tous au même état hygrométrique. J'ai obtenu une atmosphère sèche et humide sous des cloches, où une différence d'état hygrométrique de 40° à 50° s'est maintenue pendant toute la durée de mes expériences.

Les plantes sur lesquelles ont porté ces recherches (*Potentilla reptans*, *P. anserina*, *Glechoma hederacea*, *Lysimachia nummularia*, *Hieracium pilosella*, *Fragaria vesca* et *Ajuga reptans*) étaient prises dans la forêt de Fontainebleau et transportées, puis replantées au Laboratoire de Biologie végétale. Ces diverses cultures n'ont été établies qu'un peu tard en saison, vers la mi-juin, de telle sorte que la question ne peut être considérée que comme à peine entamée; néanmoins, ces quelques essais permettent de voir quel est l'intérêt de la question et de mettre en évidence certaines adaptations immédiates.

Les plantes sous les cloches à l'air humide, dont toutes les parties étaient très flasques, avaient l'aspect mince et allongé; les rares feuilles étaient anormalement étroites et très peu couvertes de poils; parfois même elles avaient une forme tout à fait différente de la normale. Les plantes dans l'air sec, au contraire, étaient très solides, peu développées en longueur, mais aux tiges rigides et aux feuilles larges, avec abondance de poils. Quelques chiffres peuvent donner une idée de l'aspect tout

à fait différent entre les deux sortes de plantes. Je cite des mesures moyennes, entre beaucoup d'autres, de quelques parties principales (les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre d'échantillons dont a été prise la moyenne) :

	Air humide.		Air sec.	
	cm		cm	
Hieracium pilosella stolons	24	(9)	8,5	(17)
Fragaria vesca stolons	80	(6)	25	(5)
Potentilla reptans internœuds des stolons..	9	(34)	3,75	(39)
» pétioles	13	(41)	2,75	(84)
Potentilla anserina, longueur des feuilles..	34,5	(8)	14	(6)
Lysimachia nummularia stolons	51	(6)	9	(7)
Glechoma hederacea stolons	40 à 50		10 à 12	

L'anatomie montre des différences, analogues à celles de l'extérieur. En général, on peut dire que les plantes de l'air humide diffèrent de l'état normal sous les rapports suivants : le parenchyme est beaucoup plus développé, de façon que les tiges et les pétioles soient plus épais. Les dimensions des cellules, cependant, sont à peu près égales à celles des plantes normales. Les vaisseaux, au contraire, sont de deux à trois fois plus larges, mais aux parois minces et très peu en nombre. Le sclérenchyme aussi est faiblement développé et les cellules ont de larges lumens. L'anneau libéroligneux, avec tous les éléments de soutien, est démesurément faible en rapport avec le gros diamètre des stolons et des tiges. Les points végétatifs montrent clairement l'allongement et la minceur dont toute la plante est caractérisée. Les feuilles n'ont que la moitié de l'épaisseur normale, ce qui est dû au développement très insuffisant du parenchyme en palissade. Les rares fleurs qui ont paru (chez le *Hieracium pilosella*) étaient, elles aussi, peu touffues, avec des bractées extrêmement minces. Chez les plantes dans l'air sec, à peu près le contraire pouvait être constaté dans tous les points énumérés [1].

Il est à remarquer que non seulement les nouvelles pousses qui paraissaient sous les cloches prenaient les caractères que je viens de décrire, mais que, surtout dans l'air saturé, aussi des parties adultes montraient une adaptation semblable aux nouvelles circonstances; ce qui prouve que,

---

[1] Cf. LHOTELIER, *Influence de l'état hygrométrique et de l'éclairement sur les tiges et les feuilles des plantes à piquants* (Paris, Thèse, 1893). — EBERHARDT, *Influence de l'air sec et de l'air humide sur la forme et la structure des végétaux* (Paris, Thèse, 1903).

même à un âge où dans la nature la plante ne se change plus, il reste une grande puissance d'adaptation, aussi bien pour la division de cellules dans le parenchyme, que pour l'élargissement de vaisseaux dont les parois semblent déjà fixes et plus capables de croissance.

Le temps disponible pour les expériences n'a pas encore suffi à donner des résultats pour les tiges conduites dans les diverses directions. Seulement pour la piloselle il est à rapporter que parmi les stolons il y en avait qui se terminaient en un capitule, chose que je n'ai jamais trouvée dans la nature. Or, dans ces plantes-ci, on trouvait les capuchons de sclérenchyme, couronnant les faisceaux libéro-ligneux, qui sont caractéristiques pour les tiges florifères et moins nets dans tous les stolons, conduits ou libres. Si le sclérenchyme était très peu développé, on trouvait toujours aux mêmes endroits, des masses assez grandes de collenchyme. Aussi, même sans être soutenues, ces tiges, parfois très longues, étaient rigides et se maintenaient verticales ou horizontales. Le développement du bois en même temps, était de deux à trois fois plus fort que d'ordinaire; jamais je n'ai pu constater ceci chez des stolons rampant par terre, mais bien chez une plante qui poussait sur la crête d'un mur et dont les stolons poussaient horizontalement dans l'air.

Mes résultats, bien que provisoires, montrent très clairement une grande capacité d'adaptation, peu soupçonnée même chez des parties adultes d'une plante, une adaptation qui peut aller jusqu'à la formation de tissus, qui n'existent pas dans les circonstances ordinaires.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence du cuivre sur la fermentation lactique.* Note de M. **Marc Fouassier**, présentée par M. Lindet.

MM. Springer ont antérieurement signalé l'action antiseptique de traces de cuivre fortuitement introduites dans le lait par les appareils industriels. Les sels de cuivre à la dose de $\frac{1}{250000}$ sont, d'après ces auteurs, nettement antiseptiques vis-à-vis le *Clostridium fœtidum* et certains *Proteus*.

M'inspirant de ces travaux, j'ai étudié l'influence que le contact de quelques métaux avec les ferments lactiques était susceptible d'exercer sur ces ferments, agissant dans le lait en diverses circonstances.

J'ai envisagé dans ce but les trois cas suivants :

1° Influence de la présence des métaux sur l'acidification d'un lait soumis à la fermentation lactique;

2° Influence du contact préalable des métaux avec un lait soumis ensuite à la fermentation lactique en l'absence de ces métaux;

3° Influence antiseptique des métaux sur les ferments lactiques en dilution aqueuse.

Mes expériences ont été exécutées sur du lait complet, homogénéisé, réparti par fractions de 10^{cm^3} dans des tubes à essai, puis stérilisé. Les métaux mis en œuvre, aussi purs que possible, se présentaient sous la forme lamellaire : leur surface totale était d'environ 10^{cm^2}. L'ensemencement du lait par les ferments lactiques a été effectué par quelques gouttes d'une dilution de ces ferments dans l'eau stérile, et la détermination de son acidité a été pratiquée par la méthode habituelle, après un même temps d'incubation pour les témoins et les essais.

Une première série d'essais, dans laquelle les métaux suivants : Zn, Al, Pb, Ag, Fe, Ni, Cu, Sn, se sont trouvés en contact avec le lait pendant le travail microbien, m'a permis d'observer que l'acidification de ce lait était sensiblement plus rapide en présence du fer, et de beaucoup retardée en présence du cuivre, par rapport aux autres métaux expérimentés. Les résultats fournis par ces derniers se rapprochent de ceux constatés pour un lait témoin qui n'avait subi aucun contact métallique.

L'action retardatrice du cuivre ayant plus spécialement retenu mon attention, ce sont les résultats enregistrés dans le cas de ce métal que je résume dans le Tableau suivant, qui exprime l'acidité, en grammes d'acide lactique, par litre :

Acidification du lait par le ferment lactique.		Contact préalable du cuivre et du lait pendant 8 heures. Acidification en l'absence de ce métal.	
Sans cuivre.	En présence du cuivre.	Non influencé.	Influencé.
5,0	3,5	5,6	2,1
5,2	4,3	5,9	4,8
5,6	4,8	6,0	5,0
6,1	5,4	6,0	4,9

	Ensemencements successifs dans le lait de dilutions aqueuses de ferments lactiques conservés.	
	Sans cuivre.	En présence du cuivre.
Après 1 heure	4,6	4,6
» 2 heures	5,1	4,1
» 4 »	5,6	3,0
» 6 »	4,1	2,0

Acidité du lait témoin : 2,0

On remarque, d'après les chiffres qui figurent à ce Tableau, que, comme je l'ai signalé plus haut, la présence du cuivre retarde l'action acidifiante des ferments lactiques ensemencés dans le lait; que cette action retardatrice se manifeste non moins apparemment dans le cas d'un lait influencé pendant un temps limité, par le contact du cuivre, antérieurement à l'action des ferments lactiques; enfin, que le ferment lactique en suspension dans l'eau pure et stérile, soumis, par conséquent, à des conditions de vitalité défavorables, perd progressivement cette vitalité en présence du cuivre, alors qu'il la conserve en son absence. Ce dernier cas montre nettement l'action antiseptique du cuivre vis-à-vis le ferment lactique, dans les conditions de l'expérience, et explique l'influence retardatrice de ce métal sur l'action de ces mêmes ferments en évolution dans le lait.

En contact avec l'eau ou avec le lait, le cuivre, en fonction de sa surface, abandonne rapidement à ces liquides une quantité impondérable de métal, cependant décelable et dosable colorimétriquement par la méthode de MM. Maquenne et Demoussy. Cette quantité de métal solubilisé s'ajoute à celle dont MM. Fleurent et Lévi ont constaté la présence naturelle dans le lait, pour jouer, à un certain taux, le rôle d'agent antiseptique. Dans mes expériences, ce taux a été de $3^{mg},5$ par litre pour le cas de l'eau, et $4^{mg},5$ pour le cas du lait. On peut supposer également que le métal agit par sa seule présence, comme cela a lieu pour l'argent vis-à-vis l'*Aspergillus niger*.

J'étudie certaines méthodes de la pratique laitière où le lait se trouve directement en contact avec le cuivre, comme c'est le cas notamment dans la fabrication du fromage de Gruyère. Les résultats de mes expériences m'autorisent à rechercher si la présence du cuivre est susceptible d'influencer dans le même ordre la conduite de cette fabrication.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les éléments minéraux du sang.*

Note de MM. A. **Desgrez** et J. **Meunier**, présentée par M. Ch. Moureu.

En mettant en œuvre les procédés que nous avons décrits dans une Note précédente [1], nous avons obtenu, à l'état cristallisé, les sels solubles provenant du sang de cheval, soit des cendres du sang total, soit de celles

(1) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 179.

du sérum. Nous avons ensuite soumis à l'analyse spectrographique, par la flamme de l'hydrogène [1], les cristaux constituant les différentes fractions de la cristallisation. Dans ceux-ci, les éléments alcalins à caractériser sont le sodium, le potassium et le lithium. Les plaques photographiques qu'il est préférable d'employer pour le potassium sont les plaques au gélatino-iodure, bande bleue. Elles donnent la raie composée ultraviolette 404, pour les moindres traces de potassium; elles sont suffisantes aussi pour le sodium, qui ne marque, par la raie D, que s'il fait réellement partie de la substance et non pas quand la flamme est simplement colorée par les poussières de l'air, pourvu toutefois que celles-ci ne soient pas très abondantes. De telles plaques n'étant pas sensibles aux rayons rouges, ne fournissent aucune indication sur la présence du lithium. Il faut, pour ce métal, recourir aux plaques panchromatiques Wratten, sensibilisées pour le rouge et l'infrarouge.

Ces plaques montrent la raie 670 du lithium quand il se trouve en proportion 2000 ou 3000 fois moindre que le sodium dans le mélange, ainsi que la raie infrarouge 740 du potassium, dès que la proportion en est tant soit peu sensible. Toutefois, elles sont notablement plus lentes que les plaques usuelles, surtout au fur et à mesure qu'elles sont plus anciennement préparées; il faut donc, quand on les emploie, ouvrir plus largement la fente du spectroscope et prolonger la durée de l'exposition. La fente est ouverte de $\frac{1}{10}$ à $\frac{2}{10}$ de millimètre pour celles-ci, tandis que l'ouverture, pour les plaques au gélatino-iodure, ne doit être que de $\frac{1}{100}$ à $\frac{2}{100}$ de millimètre, si l'on veut obtenir des raies fines et nettes. Les spectres sont accompagnés de l'échelle micrométrique qui permet d'attribuer, avec certitude, chaque raie à l'élément qui l'a fournie. En pratique, les raies caractéristiques étant peu nombreuses, l'attribution n'offre aucune difficulté.

Cendres du sérum. — Ces cendres ont été traitées par l'eau chaude et la solution a été séparée au moyen de l'entonnoir à vide. Les premiers cristaux qui se forment, au cours de l'évaporation, sont de beaux cristaux cubiques, parfois complètement déformés par des facettes octaédriques dont le développement est prépondérant.

Ils ont donné, sur plaque panchromatique, la raie D, débordée, de chaque côté, par des bandes dégradées dont la production est favorisée par la largeur d'ouverture de la fente : la bande dégradée de gauche s'étend

(1) *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 25, p. 58; *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 561 et 678.

jusque près de la raie 670; celle de droite jusque près de la raie 568 du sodium. Ce métal, en effet, fournit, dans la flamme de l'hydrogène, non seulement la raie D, mais encore les raies secondaires 568 et 498, bien connues, et, en particulier, deux autres qui le sont moins et qui ont, approximativement, les longueurs d'onde 467 et 450. Les premiers cristaux dont nous parlons sont constitués par du chlorure de sodium pur, contenant des trace infimes de potassium et aucunement de lithium. Au contraire, le deuxième dépôt est déjà différent; la partie du spectre afférente au sodium ne s'est pas accrue, mais la raie 404 du potassium est devenue forte et le lithium est nettement indiqué par sa raie 670, plus faible cependant que la raie 568 du sodium. L'accroissement de la proportion du potassium et du lithium s'accentue dans les cristaux déposés successivement. Ceux du quatrième dépôt donnent une raie aussi intense que la raie 568, la raie infrarouge du potassium se manifestant également. Dans les dépôts suivants, les cristaux changent d'aspect; il y apparaît des aiguilles de phosphates et de carbonates alcalins.

La proportion du lithium, par rapport à celle du sodium, a beaucoup augmenté dans la solution. On le reconnaît à ce que l'intensité de la raie 670 atteint puis dépasse celle de la raie 568. Finalement, l'évaporation de l'eau mère ayant donné six dépôts cristallins successifs, fournit un résidu donnant un spectre où la raie 670 est relativement intense, et l'on peut estimer qu'elle indique une proportion de lithium qui correspond environ à $\frac{1}{500}$ de celle du sodium.

Le lithium, passé en solution aqueuse, en même temps que les sels solubles, peut donc y être accumulé, mais la totalité du lithium existant dans le sang ne suit pas les autres sels alcalins dans la solution, ainsi que nous l'avons reconnu, particulièrement en étudiant le sang total.

Sang total. — Ce qui vient d'être dit s'y applique d'une manière générale. Les cendres traitées par l'eau donnent une solution qui fournit des cristaux analogues aux précédents et laisse un résidu ferrugineux qui retient énergiquement une assez forte proportion de lithium. Des lavages à l'eau chaude répétés, sur le filtre à vide, ne dépouillent pas complètement ce résidu des métaux alcalins, et, même après cette opération, le lithium paraît y demeurer abondamment par rapport à la proportion dans laquelle il existe dans le sang; on peut en dire autant du potassium.

Le sodium, au contraire, semble être retenu moins énergiquement. La raie D, sur les spectres pris sur plaques panchromatiques, n'est plus

accompagnée des deux bandes dégradées dont il est question plus haut; la raie 568 est absente, de même que les autres raies secondaires du sodium. Au contraire, la raie 670 du lithium apparaît plus intense que tous les autres spectrogrammes où les sels solubles l'ont fournie. Le potassium est accusé par la raie 404, très forte, de même que par la raie 740, laquelle n'apparaît pas lorsque la proportion de ce métal est trop faible.

Ces résultats présentent l'intérêt de mettre en évidence une certaine affinité sélective entre les composés minéraux existant dans le sang et l'ensemble des éléments de ce liquide. Il est vrai que les opérations qui viennent d'être analysées ont porté sur des cendres, c'est-à-dire sur des résidus de destruction organique, mais elles nous ont amenés à opérer sur des éléments du sang préalablement préparés. Nous pouvons dire, dès aujourd'hui, que nous avons trouvé la confirmation de ces premières observations, dans une nouvelle étude dont nous exposerons prochainement les détails.

BIOLOGIE. — *Expériences montrant la non-hérédité d'un caractère acquis.* Note de MM. **L. Cuénot**, **R. Lienhart** et **M. Mutel.**

Le caractère acquis est une modification corporelle apparaissant chez un être vivant, à un âge quelconque, résultant visiblement de l'action d'une cause extérieure et accidentelle, à tel point que, si cette cause n'était pas intervenue, la modification ne se serait assurément pas produite. Pendant longtemps, on a cru sans conteste que le caractère acquis était transmissible, c'est-à-dire que des parents ayant acquis quelque chose procréaient une génération qui présentait plus ou moins complètement, tout au moins à l'état de rudiment, la modification corporelle acquise, *en l'absence de la cause extérieure qui l'avait provoquée chez les parents*. Lamarck et son école ont fait de cette hérédité des caractères acquis le point d'appui exclusif de leur théorie de l'adaptation, et Darwin l'acceptait également. Mais depuis 1883 (*Essai sur l'Hérédité*, de Weismann), on a été amené à douter formellement de cette hérédité, surtout parce que l'on ne comprend absolument pas comment une modification corporelle acquise peut s'inscrire dans les cellules germinales; d'ailleurs il a été définitivement démontré que les mutilations d'organes tels que la queue, les membres, les oreilles, etc., ne sont aucunement transmissibles. Quant aux autres caractères acquis (effet

de l'usage, du non-usage, des conditions de milieu, etc.), les preuves expérimentales de leur hérédité sont rares, médiocres et n'entraînent pas la conviction, ou sont passibles de critiques qui les annulent. Le problème reste donc toujours posé.

Une nouvelle méthode d'attaque de la question donne un grand espoir de pouvoir répondre par oui ou par non; elle consiste à agir sur un organe qui n'est pas indispensable à la vie (en l'espèce l'œil ou le cristallin), non pas en le supprimant par exérèse, mais en provoquant sa dégénérescence sur place par une action spécifique. Le point de départ de la méthode est l'observation de Bouchard et Charrin (1886) sur la production de cataracte chez le Lapin adulte à la suite d'ingestion de naphtaline; H. Pagenstecher (1911) a répété cette expérience, mais en opérant cette fois sur des Lapines gestantes, à une certaine période favorable du développement du fœtus; il a observé que les petits présentent très fréquemment des malformations oculaires et notamment des cataractes produites incontestablement par l'intoxication naphtalinique ayant passé par la voie placentaire.

Guyer et Smith (1920) emploient une méthode différente mais parallèle (injection à des Lapines gestantes de sérum de Poule préparée avec des cristallins de Lapin, et renfermant une cristallolysine) : la cristallolysine n'agit pas sur les yeux des Lapins adultes (ce qui arrive parfois avec la naphtaline), mais elle passe à travers le placenta et affecte les fœtus; beaucoup meurent; ceux qui survivent présentent parfois (9 cas sur 61 petits) des accidents oculaires variés, microphtalmie, opacité du cristallin, etc.

Nous sommes donc en présence d'un caractère acquis certain, car si l'on n'avait pas donné de sérum préparé ou de naphtaline aux mères, les yeux des petits auraient été sains; il a l'avantage d'être acquis à une époque extrêmement précoce de la vie, la dégénérescence continuant à évoluer pendant plusieurs mois après la naissance. Ce sont là des conditions incomparables pour étudier l'hérédité. Or Guyer et Smith d'une part, et Duerst [Cobayes traités par la méthode de Pagenstecher (1920)] d'autre part, annoncent que *ce caractère acquis est héréditaire* et passe plus ou moins irrégulièrement aux générations suivantes, le nombre des petits à yeux touchés (nés de croisements consanguins) devenant de plus en plus grand à mesure que l'on s'éloigne des mères gestantes qui ont seules reçu le traitement anti-oculaire. C'est un résultat de la plus haute importance, susceptible de modifier profondément nos idées sur les relations entre le soma et le germen, la constitution du patrimoine héréditaire, les processus de l'évolution, etc.

Mais avant d'en tirer les conséquences considérables qu'elles comportent, il est nécessaire que ces expériences soient refaites plusieurs fois par d'autres observateurs. C'est ce que nous avons tenté; le procédé à la naphtaline donnant des résultats presque constants, et étant beaucoup plus commode que celui de Guyer et Smith, nous l'avons employé exclusivement [1].

Première expérience. — Une Lapine gestante subit le traitement; elle devient brusquement aveugle entre la deuxième et la troisième ingestion, et donne naissance à 9 petits *tous aveugles*. Deux de ces petits, un mâle et une femelle, sont croisés à l'âge convenable (9 mois) et donnent une portée de 8 petits, *tous à yeux parfaitement normaux*.

Deuxième expérience. — Une Lapine a subi le traitement à trois reprises différentes, mais, réfractaire, elle n'est pas devenue aveugle. Après le troisième traitement, elle donne 7 petits mort-nés, dont les cristallins étaient tous cataractés. Cette Lapine est fécondée ensuite par un mâle d'une autre famille, aveugle à la suite d'un traitement naphtalinique subi par sa mère gestante; elle a une portée de 6 petits, *tous à yeux parfaitement normaux*.

Ces deux expériences sont complémentaires l'une de l'autre; en effet, supposons que le caractère acquis par les petits des mères traitées soit imprimé dans les cellules germinales de ceux-ci, il se peut que les facteurs correspondant à l'anomalie (symbole A) aient la valeur de facteurs mendéliens, dominés par ceux des yeux normaux (symbole N); l'expérience n° 2 est donc un croisement $N \times A$, et comme par hypothèse N domine A, les petits doivent être normaux, ce qui est conforme au résultat réel; mais alors l'expérience n° 1 est un croisement $A \times A$, et les petits devraient tous être aveugles.

Nous ne prétendons pas, malgré la netteté de nos résultats, que ces deux expériences suffisent pour affirmer, à l'encontre de Guyer et Smith et de Duerst, la non-hérédité du caractère acquis; il faut qu'elles soient répétées. Jusqu'ici ce n'est qu'une contribution à la grave question qui depuis 40 ans divise les biologistes.

---

(1) Technique : 1g,50 de naphtaline par kilogramme d'animal, dissoute à 20 pour 100 dans l'huile tiède, introduite dans l'œsophage par une sonde, la Lapine étant à jeun. Le traitement comporte trois doses égales, données à des intervalles de 2 jours, à partir du 20e jour de la gestation.

PHYSIOLOGIE. — *De l'utilisation par l'organisme des vitamines C introduites par voie parentérale.* Note de MM. **Ed. Lesné** et **M. Vaglianos**, présentée par M. Ch. Richet.

Holst et Frölich (¹) ont constaté l'influence des vitamines C injectées dans la cavité péritonéale, tandis que Harden et Zilva (²) ont signalé que l'injection sous-cutanée ne produisait aucun effet utile. Hess en 1917 a traité avec succès par les injections intraveineuses de jus d'orange plusieurs nourrissons atteints de maladie de Barlow à forme grave. Cette thérapeutique a été fort bien tolérée par les enfants, et les manifestations scorbutiques ont rétrocédé très rapidement.

Nous avons rapporté au Congrès français de Médecine de 1922 des expériences démontrant que la vitamine B extraite de la levure de bière avait après injection sous-cutanée une action efficace, et qu'on pouvait ainsi faire disparaître les symptômes d'avitaminose se montrant chez des jeunes chiens allaités par une chienne dont l'alimentation était carencée en vitamine B.

La vitamine C est elle aussi active par injection parentérale?

Rien n'est plus aisé que de mettre en évidence chez des cobayes la carence de la vitamine C. Nourris exclusivement avec des aliments stérilisés 1 heure à 120°, ces animaux meurent en 4 semaines au plus en présentant les signes et les lésions caractéristiques du scorbut.

C'est donc chez le cobaye que nous avons étudié l'utilisation par l'organisme de la vitamine C introduite par voie parentérale. Comme source de vitamine C nous avons employé le jus d'orange très mûre, recueilli aseptiquement, porté 2 minutes à 90°, et employé frais; car la vitamine C disparaît par vieillissement. Ce jus d'orange était alcalinisé avec une quantité minime de lessive de soude au moment de l'emploi.

Nous avons choisi des femelles pleines ou venant de mettre bas afin d'apprécier l'influence de la vitamine et sur le développement du fœtus (³) et sur la lactation. Pendant la gestation, le jus d'orange était injecté sous

---

(¹) *Z. f. Hyg. und Infectionsk.*, t. 72, 1912, p. 1.

(²) *Biochem. J.*, t. 92, 1918, p. 259.

(³) Les fœtus de femelles soumises au régime carencé succombent avec des lésions scorbutiques.

la peau, et après la naissance des petits nous avons employé la voie intrapéritonéale. Dans tous les cas ces injections ont été bien tolérées et n'ont provoqué aucun incident.

Première expérience. — Une femelle de cobaye est soumise au régime carencé en vitamine C dès le jour où elle met bas trois petits. Elle reçoit chaque jour sous la peau ou dans le péritoine 3^{cm^3} de jus d'orange. Elle reste en parfaite santé pendant les 60 jours que dure l'expérience.

Deuxième expérience. — Une femelle pleine est soumise au même régime carencé et reçoit chaque jour une injection sous-cutanée de jus d'orange. Vingt jours plus tard elle met bas 3 petits de poids normal. Cinquante-cinq jours après le début de l'expérience l'animal est toujours en parfaite santé.

Troisième expérience. — Faite dans les mêmes conditions que la précédente : 12 jours après le début des injections naissent 3 petits dont le développement est normal. La femelle est en excellent état 55 jours après le début de l'expérience.

Ces animaux se comportent absolument comme des sujets nourris normalement; car, si l'on supprime les injections de vitamine C en maintenant l'alimentation carencée, ils meurent du scorbut en 3 ou 4 semaines, exactement comme des cobayes témoins.

Ces expériences sont assez décisives pour permettre des conclusions générales.

On savait que les vitamines C sont pour l'organisme un aliment absolument nécessaire. Mais nos expériences prouvent que la voie d'introduction de ces vitamines est indifférente, c'est-à-dire *qu'on peut les faire pénétrer soit par ingestion, soit par injection.*

Nul doute que ce fait nouveau ne trouve de fréquentes applications à la thérapeutique.

ZOOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Production expérimentale du gynandromorphisme biparti chez les Oiseaux.* Note [1] de MM. A. PÉZARD, KNUD SAND et F. CARIDROIT, présentée par M. Ch. Gravier.

Sous le nom de gynandromorphisme biparti, on désigne une anomalie extrêmement rare, qui a été découverte principalement chez les Insectes et les Oiseaux, dans des espèces où le dimorphisme sexuel est particulièrement frappant. Elle consiste dans une division du corps en deux moitiés de sexua-

[1] Séance du 19 février 1923.

lité extérieure différente, l'une d'aspect mâle, l'autre d'aspect femelle. Chez les Oiseaux, l'autopsie a montré que l'on se trouvait en présence d'hermaphrodites, porteurs de glandes diversement développées, fonctionnelles ou non. L'un de nous a émis récemment une explication fondée sur ses recherches antérieures [1] : les résultats ci-dessous apportent indirectement, à cette manière de voir, une base expérimentale solide.

I. *Pseudo-gynandromorphisme biparti.* — Nos premières recherches portent sur l'Ignicolore, *Erythromelana franciscana*, très en vogue dans les oiselleries parisiennes.

Alors que la femelle ressemble en plus petit à notre moineau (tête plus fine, gorge grise, ventre blanc, toutefois), le mâle en parure de noces possède un plumage éclatant (tête et dos rouges, gorge et ventre noir velouté, sus et sous-caudales écarlates); il est vrai que cette parure de noces ne dure que deux ou trois mois; dans l'intervalle, le sujet revêt le plumage terne de la femelle. Ajoutons que des expériences inédites, analogues à celles de Beebe sur les Tanagras, nous ont montré que la parure de noces peut persister longtemps si, au moment théorique de la mue, on maintient les sujets à une température constante assez élevée.

En décembre 1922, nous prenons trois Ignicolores *en parure de noces complète;* à deux d'entre eux, nous enlevons le plumage qui recouvre une

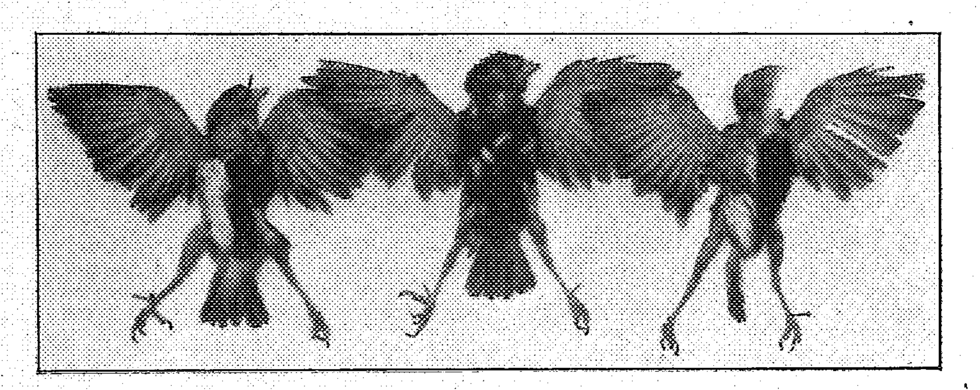


Fig. 1. — Au milieu, Ignicore témoin (tête rouge, ventre noir). A droite et à gauche, deux pseudo-bipartis : à gauche, ventre blanchâtre et tête grise.

moitié du corps, sauf rémiges et rectrices; puis, pour retarder la mue de l'autre moitié, nous plaçons ces sujets ainsi que le témoin dans une chambre-étuve à température constante (25°). Nous constatons bientôt la

(1) A. Pézard, *Notion de seuil différentiel et explication humorale du gynandromorphisme des Oiseaux bipartis* (*Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1573).

poussée de nouvelles plumes dans toute la partie dénudée, plumes grises ou blanches d'aspect femelle. Au bout de six semaines, cette poussée se termine alors même que la mue n'a pas encore commencé de l'autre côté (*fig.* 1). Malgré l'apparence, il ne s'agit pas ici de véritables gynandromorphes, puisque le plumage clair apparaît sur le mâle après la parure nuptiale.

II. *Vrai gynandromorphisme biparti.* — Nos expériences portent sur un lot de volailles de race Leghorn, doré ou blanc. Nous savons d'une part que la mue d'automne assure au coq un plumage dit mâle qui persistera jusqu'à la mue suivante, c'est-à-dire pendant une année ; d'autre part, que l'ovaire transplanté chez un coq fait apparaître à la mue suivante la livrée de la poule. Cela posé, nous prenons un coq Leghorn doré en décembre et nous le soumettons à deux opérations simultanées :

a. Nous dépouillons, d'un côté seulement, les régions dorso-lombaire et caudale de leurs plumes caractéristiques ;

b. Nous transplantons dans un testicule un ovaire de poulette Leghorn (en la circonstance, nous avons choisi un ovaire Leghorn blanc).

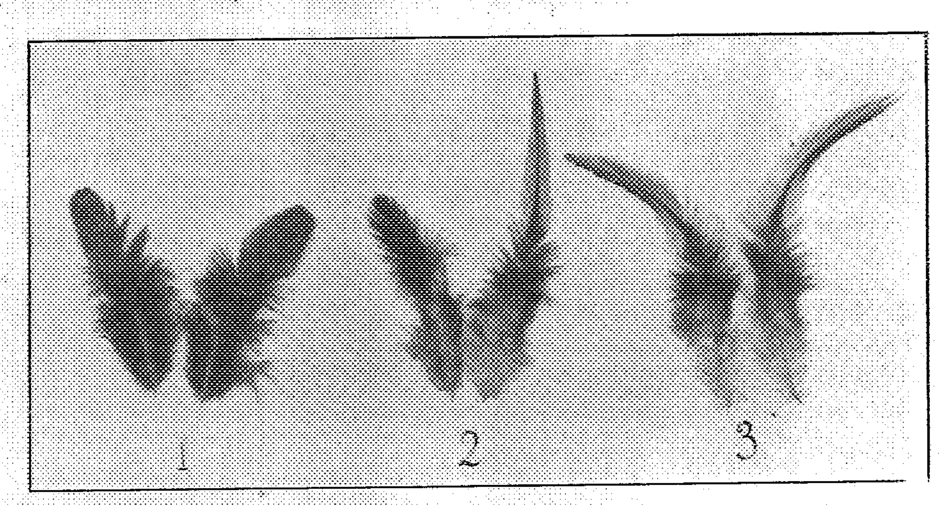


Fig. 2. — Plumes des régions dorso-lombaires gauche et droite : 1, chez une poule ; 2, chez le coq biparti ; 3, chez le même avant l'expérience.

Résultats : Sur le ptéryle découvert, les bourgeons apparaissent au bout d'une quinzaine de jours, très différents des bourgeons normaux : extrémité bien sectionnée, noire au lieu de rouge. Après 6 semaines, la croissance des plumes est terminée. La région dorso-lombaire est nettement partagée en

deux moitiés dissemblables, la normale portant toujours les lancettes fauves, longues et effilées, caractéristiques ; l'autre, recouverte de plumes courtes à extrémité arrondie, en tout point semblables comme forme à celles de la poule, mais *plus foncées* à l'extrémité (*fig.* 2). Par contre, nous n'observons aucune modification chez les sujets pris comme témoins, coqs, chapons et poules qui, partiellement dépouillés mais non greffés, ont repris le plumage normal : la transformation locale du plumage est donc bien due à l'influence de l'ovaire introduit.

III. *Conclusion.* — Il est possible de réaliser le gynandromorphisme biparti chez les oiseaux en décalant artificiellement la mue et en faisant intervenir s'il y a lieu, la sécrétion interne ovarienne. Ce curieux phénomène ne s'oppose donc nullement à la théorie des hormones sexuelles comme on l'a cru parfois : bien au contraire, il la confirme et même, il apporte un argument de plus en faveur de la double potentialité du soma, établie par A. Pézard et récemment vérifiée par Zawadowsky.

A 16 heures, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section de Chimie, par l'organe de son Doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *Georges Lemoine* :

En première ligne	M. Gabriel Bertrand
En deuxième ligne ex æquo par ordre alphabétique . .	MM. Émile Blaise Marcel Delépine
En troisième ligne ex æquo par ordre alphabétique. .	MM. Paul Lebeau Robert Lespieau Camille Matignon

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 17 heures et demie.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de janvier 1923 (*suite et fin*).

Les Moustiques. Mœurs et moyens de destruction, par E. Hegh. 2e édition, Bruxelles, Imprimerie industrielle et financière, 1921; 1 vol. 20cm. (Présenté par M. F. Mesnil.)

Tsetse-flies. Their characteristics. Distribution and bionomics with some account of possible methods for their control, by Major E. E. Austen and Emile Hegh, with a preface by The Earl Buxton. Londres, The imperial Bureau of entomology, 1922; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. F. Mesnil.)

Les marées et leur utilisation industrielle, par E. Fichot. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1923; 1 vol. 24cm. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

Sophus Lie. Arhandlinger til Differentialligningernes Teori, publié par Friedrich Engel. Leipzig, Teubner, 1922; 1 vol. 25cm.

Atomes et électrons. Rapports et discussions du Conseil de physique tenu à Bruxelles du 1er au 6 avril 1921, sous les auspices de l'*Institut international de physique Solvay*, publiés par E. Tassel, P. Heger, Ch. de Keyser, J.-E. Verschaffelt, de Haarlem, de Broglie, W.-L. Bragg, L. Brillouin. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1923; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. Brillouin.)

Traité d'océanographie, par de Schokolsky. Petrograd, Achmatoff, 1917; 1 vol. 27cm. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

Alfred Cornu, membre de l'Institut et du Bureau des Longitudes, ingénieur en chef des mines, 1841-1902. Rennes, Francis Simon, 1904; 1 vol, 25cm.

Bref och skrifvelser af och till Carl von Linné. Första afdelningen del VIII : *Bref till och från svenska enskilda personer kalm-laxman.* Utgifna och med upplysande noter försedda af J. M. Hulth. Uppsala, Almquist et Wiksells, 1922; 1 vol. 25cm.

Les rayons d'électricité positive et leur application aux analyses chimiques, par Sir J. J. Thomson, traduit par Fric et Corvisy. Paris, J. Hermann, 1923; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. G. Urbain.)

Les aliments de France et des colonies. Composition chimique. Valeur alimentaire. Tables d'analyses, par A. Balland. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1923; 1 fasc. 25cm.

Volumes moléculaires. Applications, par A. Leduc. Paris, Octave Doin, 1923; 1 vol. 18cm.

Blanchiment, teinture, impression, apprêts, par P. Lederlin. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1923; 1 vol. 23cm. (Présenté par M. Ch. Moureu.)

ERRATA.

(Séance du 19 février 1922.)

Note de M. *A. Weinstein*, Sur l'unicité des mouvements glissants :

Page 494, ligne 12, *au lieu de* $\zeta = \zeta + i\eta$, *lire* $\zeta = \xi + i\eta$; ligne 13, *au lieu de* $-1 \leqq \zeta \leqq 1$, *lire* $-1 \leqq \xi \leqq 1$; ligne 20, *au lieu de*

$$\left| \frac{\partial\theta(\zeta, \eta)}{\partial\zeta} \right| < \frac{2}{\pi} \qquad (-1 \leqq \zeta \leqq 1, \eta = 0),$$

lire

$$\left| \frac{\partial\theta(\xi, \eta)}{\partial\xi} \right| < \frac{2}{\pi} \qquad (-1 \leqq \xi \leqq 1, \eta = 0).$$

Note de MM. *Albert Portevin* et *François Le Chatelier*, Sur un phénomène observé lors de l'essai de traction d'alliages en cours de transformation :

Page 510, ligne 13, *au lieu de* 54 kg : mm², *lire* 45 kg : mm².

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 5 MARS 1923.

PRÉSIDENCE DE M. ALBIN HALLER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du Décret, en date du 28 février 1923, qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Louis Gentil** pour occuper, dans la Section de Géographie et Navigation, la place vacante par la mort de M. *Louis Favé*.

Il est donné lecture de ce Décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Louis Gentil** prend place parmi ses Confrères.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du Décret en date du 24 février 1923 qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Waldemar Christofer Brögger** pour occuper la place d'Associé étranger vacante par le décès de M. *Simon Schwendener*.

Il est donné lecture de ce Décret.

M. le **Ministre des Affaires étrangères** transmet la traduction d'une lettre du Colonel **Ryder**, chef du Service géographique de l'Inde, relative au centenaire de la mort du Colonel **Lambton**, fondateur du Bureau géodésique de l'Inde, qui fut Correspondant de l'Académie.

CHIMIE. — *Sur la coexistence du celtium (élément 72) et des terres yttriques.* Note de MM. G. **Urbain** et A. **Dauvillier**.

MM. Coster et von Hevesy ont cru pouvoir affirmer que l'élément 72, considéré comme tétravalent, ne pouvait accompagner des terres rares trivalentes (*Nature*, 20 janvier 1923) et qu'en conséquence nous n'avions pu observer, dans des terres yttriques où dominait le lutécium, la présence de l'élément 72. Cependant MM. Goldschmidt et Thomassen (*Særtryk av. Norsk. Geol. Tids.*, t. 7, février 1923), ont trouvé l'élément 72 caractérisé par son spectre de haute fréquence dans le malakon et l'alvite. Ces auteurs ont envoyé un échantillon de l'un de ces minéraux à MM. Coster et von Hevesy (*Nature*, 24 février 1923), qui l'ont examiné et y ont reconnu la présence de l'élément 72 en telle abondance qu'ils n'ont pas hésité à déclarer que cet élément était l'un des constituants principaux du minéral.

Or, d'après la Note publiée par MM. Goldschmidt et Thomassen, non seulement le malakon aussi bien que l'alvite, dont les caractères sont très voisins, renferment des terres yttriques, mais encore un échantillon d'alvite contenait une proportion notable d'ytterbium alors que, dans le malakon, la présence de l'yttrium a pu être seulement observée.

Nous avons pu constater une abondance de terres yttriques dans un échantillon de malakon que M. Lacroix a mis obligeamment à notre disposition. Parmi ces terres, l'ytterbium et le lutécium prédominent.

L'association de l'élément 72 avec des terres rares, parfois riches de satellites de l'ytterbium, est donc un fait normal. Ce fait n'est pas en faveur de la thèse soutenue par MM. Coster et von Hevesy. Il est impossible cependant que ces habiles observateurs ne l'aient pas constaté avec le minéral qu'ils ont reçu de MM. Goldschmidt et Thomassen.

Si les belles théories de M. Bohr justifient la présence de l'élément 72 avec le zirconium, il est prouvé qu'on n'en saurait conclure, comme l'ont fait MM. Coster et von Hevesy, qu'elle est incompatible avec celle des terres rares.

Il est d'ailleurs bien connu que les minéraux de terres rares renferment des éléments de toutes sortes. Un élément tel que le celtium (n° 72), dont les propriétés ne sauraient, d'après la théorie de M. Bohr, être très éloignées de celles du thorium, doit, dans les traitements lors des précipitations par l'acide oxalique, se retrouver plus ou moins partiellement avec les terres rares, car la zircone elle-même précipite à l'état d'oxalate dans certaines

conditions. L'élément 72 entraîné avec les terres rares doit se concentrer finalement dans les eaux mères finales de la cristallisation des nitrates, c'est-à-dire précisément là où nous l'avons trouvé. Par contre, l'absence du zirconium dans ce terme ultime de nos traitements montre, ou bien que le minerai primitif (xénotime) n'en renfermait pas, ou bien que les traitements en liqueur plus ou moins acide par l'acide oxalique l'avaient complètement éliminé.

MM. Coster et von Hevesy laissent entendre que le spectre de haute fréquence décrit par Dauvillier en 1922, pourrait être dû à des raies d'ordre supérieur d'éléments autres que le 72. M. Dauvillier donne ici même d'irréfutables preuves que sur ce point encore nos contradicteurs ont fait fausse route.

Il est, par contre, prouvé qu'il n'y avait qu'une proportion très faible du nouvel élément dans notre produit primitif et que les faits observés en 1911 par Urbain résultaient de la superposition de différents phénomènes dont, faute d'une quantité suffisante de matière, la discrimination était alors impossible. Mais les observations de 1922 montrent qu'il y avait bien, dans le produit obtenu par Urbain, un élément nouveau qui fût dès lors correctement défini par son numéro atomique 72, conformément aux exigences strictes de la science actuelle. Les lignes de haute fréquence observées ne permettent aucun doute.

Si, comme il est certain, MM. Coster et von Hevesy admettent — encore qu'ils aient évité de nous répondre sur ce point — qu'un spectre de haute fréquence est actuellement nécessaire et suffisant pour définir un élément nouveau, ils ne peuvent admettre en même temps que le celtium ait pu être défini, une fois pour toutes, par la publication d'Urbain en 1911. Et puisque Urbain et Dauvillier furent, dès 1922, d'accord pour appeler celtium l'élément nouveau, correctement défini par son spectre de haute fréquence, on ne voit pas ce que MM. Coster et von Hevesy peuvent revendiquer, si ce n'est, ce qui est important, d'avoir découvert en 1923, à la lumière des belles théories de M. Bohr, une matière première abondante et riche de l'élément 72, c'est-à-dire en celtium.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'autoxydation : essai sur le mécanisme de l'action antioxygène* (V). Note [1] de MM. **Charles Moureu** et **Charles Dufraisse.**

Nos recherches sur les propriétés antioxygènes des phénols [2] ont suscité des discussions relativement au mécanisme du phénomène [3]. Bien que certaines des idées émises aient aussi été de bonne heure envisagées par nous, et même soumises au contrôle expérimental [4], nous n'avons pas encore pris position dans le débat, faute d'expériences décisives. Il nous apparaît, à la vérité, qu'aucune des hypothèses formulées ne peut suffire, à elle seule, à expliquer des actions antioxygènes aussi intenses que celles que nous avons observées.

Nous nous proposons aujourd'hui d'exposer une théorie que nous avons imaginée dès le début de nos recherches. C'est elle surtout qui nous a servi de guide, et c'est principalement à sa lumière que nous avons cherché à pénétrer le mécanisme de l'action antioxygène.

L'autoxydation semble exiger tout un concours de circonstances favorables (présence de formes « actives » et leur contact mutuel, température et pression convenables, évolution dans un sens favorable des corps intermédiairement formés, etc.), et il suffira d'agir sur l'une quelconque de ces conditions pour entraver le phénomène.

A. Partant de ce principe qu'il s'agit d'une action catalytique, nous avons supposé que les antioxygènes s'opposaient à la production d'une combinaison AO^2 de l'oxygène O^2 avec le corps autoxydable A en catalysant la réaction inverse de sa formation, c'est-à-dire sa destruction. Pour avancer dans l'étude du mécanisme, il fallait donc imaginer une réaction qui permît d'interpréter la catalyse de la réaction de décomposition $AO^2 \rightarrow A + O^2$.

---

(1) Séance du 26 février 1923.

(2) *Sur l'autoxydation : les antioxygènes* (*Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 258). — *Sur l'autoxydation : le pouvoir antioxygène; phénomènes divers se rapportant à l'action antioxygène* (*Ibid.*, t. 175, 1922, p. 127).

(3) Voir, en particulier, A. Job, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 31, 1922, p. 227. — C. Matignon, *Ibid.*, p. 228.

(4) Ch. Moureu et Ch. Dufraisse, *Les altérations de l'acroléine et les antioxygènes* (*Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 31, 1922, p. 1152); *Autoxydation et action antioxydation* (*Ann. Soc. Esp. Fis. Quim.*, t. 196, octobre 1922, p. 383).

Outre qu'une telle réaction devait libérer de l'oxygène à partir d'oxygène combiné, il fallait, de plus, qu'elle fût à la fois très rapide et très complète (rappelons, à ce propos, que 1^{mol} d'hydroquinone protège contre l'autoxydation 40000^{mol} d'acroléine), et nous avons immédiatement pensé, par un rapprochement tout naturel, à la destruction mutuelle de corps peroxydés, réactions classiques qui libèrent de l'oxygène et qui sont totales et pratiquement instantanées.

Considérons, en particulier, le cas de l'eau oxygénée (peroxyde d'hydrogène) opposée à quelques autres peroxydes.

On sait que l'eau oxygénée est décomposée, avec libération d'oxygène, par un grand nombre de corps, et notamment par des métaux divisés, des oxydes métalliques (MnO^2, PbO^2, Ag^2O, etc.), les permanganates, l'ozone, etc., et que, dans chaque cas, il a été possible d'interpréter cette décomposition par l'action d'un peroxyde antagoniste de l'eau oxygénée. Parmi les corps qui la détruisent, l'acide iodique et l'acide periodique appellent spécialement notre attention ([1]).

L'acide iodique et ses sels décomposent l'eau oxygénée sans s'altérer; l'acide periodique et ses sels, par contre, la décomposent en se réduisant en acide iodique ou ses sels, d'où l'interprétation très simple de l'action catalytique de l'acide iodique : l'eau oxygénée l'oxyde en acide periodique, et les deux peroxydes se détruisent mutuellement, avec libération d'oxygène et régénération de l'acide iodique.

La même explication peut être étendue aux autres cas de catalyse. C'est ainsi, en particulier, que les équations suivantes traduiront l'action des iodures alcalins, qui, eux aussi, décomposent catalytiquement et énergiquement l'eau oxygénée :

$$H^2O[O] + MI = MI[O] + H^2O; \qquad MI[O] + H^2O[O] = MI + O^2 + H^2O.$$

[Dans ces formules, comme dans celles qui vont suivre, les crochets [ ] autour de O (ou de O^2) indiquent qu'il s'agit d'oxygène « actif », autrement dit que le corps envisagé réagit comme peroxyde.]

MI[O] est pour nous un peroxyde d'iodure sur la constitution duquel nous ne faisons aucune hypothèse et que, par suite, nous ne considérons pas comme étant nécessairement identique avec un hypoiodite; ce doit être simplement une molécule très instable, difficile sinon impossible à isoler.

([1]) Voir l'intéressante étude de cette question qui a été faite par Tanatar (*Beriche der deutsch Chem. Gesells.*, t. 32, 1899, p. 1013).

(La même réflexion s'applique aux oxydes analogues dont nous parlons plus loin : on ne devra pas chercher à les assimiler à des corps déjà connus.)

Cette manière d'interpréter l'action des iodures est en harmonie avec le fait qu'ils sont facilement oxydables. On sait, en effet, que l'iode, élément facile à oxyder déjà à l'état libre, voit cette propriété s'accentuer dans les combinaisons. Telle est certainement la propriété qui confère aux iodures, comme aux iodates, l'action catalytique intense sur l'eau oxygénée. A l'appui de cette idée vient l'observation que les bromures ont encore une certaine activité, à la vérité beaucoup moindre, et que celle des chlorures est sensiblement nulle, ce qui concorde avec le fait que le brome a beaucoup moins et le chlore encore moins d'affinité que l'iode pour l'oxygène.

B. On conçoit que certains peroxydes de corps autoxydables soient susceptibles de donner les mêmes réactions de destruction que le peroxyde d'hydrogène. L'acide iodique et les iodures métalliques devront alors agir comme antioxygènes vis-à-vis de ces peroxydes; les équations suivantes représenteraient le cycle des réactions dans le cas des iodures :

$$A + O^2 = A[O^2]; \qquad A[O^2] + MI = A[O] + MI[O];$$
$$MI[O] + A[O] = MI + A + O^2.$$

Ces schémas suffisent à définir l'idée que nous nous faisons du mécanisme de l'action antioxygène. Pour le cas général, on aura (A étant le corps autoxydable et B l'antioxygène) :

$$A + O^2 = A[O^2]; \qquad A[O^2] + B = A[O] + B[O];$$
$$A[O] + B[O] = A + B + O^2.$$

On retrouve les trois corps en présence dans leur état initial, comme l'exigeait notre théorie.

Nous n'écartons d'ailleurs pas l'hypothèse d'une autoxydation directe de l'antioxygène; le cas échéant, nous aurions le cycle :

$$A + O^2 = A[O^2]; \qquad B + O^2 = B[O^2];$$
$$A[O^2] + B[O^2] = A + B + 2O^2.$$

C. D'après ce qui précède, des corps facilement oxydables et donnant naissance à des peroxydes facilement réductibles pourront se comporter comme antioxygènes dans des conditions favorables (corps autoxydables appropriés; température, pression d'oxygène et concentration convenables, etc.). Et l'on conçoit que les corps ayant le moins d'affinité pour l'oxygène doivent *a priori* être les moins antioxygènes. C'est donc surtout

parmi les corps facilement oxydables que l'on devra d'abord rechercher la propriété antioxygène. Aussi faut-il s'attendre à trouver, par exemple, les iodures plus antioxygènes que les bromures et surtout que les chlorures. D'autre part, les corps enclins à donner très rapidement des édifices stables avec l'oxygène, ce qui sera surtout le cas de ceux qui sont très avides d'oxygène, conviendront moins bien que d'autres pour lesquels l'évolution de la réaction sera moins prompte.

Il faut, en somme, que les corps soient assez oxydables, mais qu'ils ne le soient pas trop. On est donc amené à supposer qu'à chaque corps autoxydable, placé dans des conditions déterminées, doit correspondre, pour le catalyseur à lui opposer, un degré optimum d'oxydabilité.

D. On voit par là que la propriété antioxygène doit pouvoir appartenir à un grand nombre de substances. Et même, en principe, la plupart des substances susceptibles de fixer l'oxygène pourront, dans des circonstances favorables, fonctionner comme antioxygènes.

En particulier, dans le cas de deux corps séparément autoxydables que l'on oppose l'un à l'autre, il est permis d'espérer que l'on pourra trouver des conditions pour lesquelles l'un jouera le rôle d'antioxygène vis-à-vis de l'autre. On imagine même qu'un corps pourra, soit directement, soit après une évolution spontanée, donner naissance à deux peroxydes antagonistes

$$A[O]^{+} + A[O]^{-} = 2A + O^{2};$$

et, dans ce cas, il sera son propre antioxygène.

On voit ainsi que le caractère, en apparence paradoxal, de l'opinion de Delépine, d'après laquelle un corps peut être son propre antioxygène [1], ne devait point nous prendre au dépourvu, car elle coïncidait avec les déductions de notre théorie. Nous avions même admis depuis longtemps, et en cela nous nous trouvons en plein accord avec ce savant, que si les substances organiques ne brûlent pas spontanément à l'air, la raison en est qu'elles peuvent être leurs propres antioxygènes.

Delépine a également supposé que l'oxygène lui-même pouvait être antioxygène [2]. Ici encore, nos conceptions permettent aisément de prévoir le fait : il suffit de se rappeler que l'oxygène est un corps peroxydable et qu'en particulier l'ozone O^3 est un peroxyde d'oxygène, d'une part, et que,

---

(1) *Sur l'autoxydation des composés sulfurés organiques* (*Bull. Soc. Chim.*, 4e série, t. 31, 1922, p. 785).

(2) *Loc. cit.*

d'autre part, comme le fait l'acide periodique, l'ozone détruit l'eau oxygénée en se réduisant. On peut donc appliquer à l'oxygène notre schéma général du cycle d'équations définissant l'action antioxygène :

$$A[O^2] + O^2 = A[O] + O^2[O]; \quad A[O] + O^2[O] = A + O^2 + O^2 \ (^1).$$

A l'appui de cette manière de voir, nous rappelons, avec Delépine, les expériences sur l'autoxydation du phosphore, laquelle est entravée par une trop grande pression d'oxygène. Des observations du même ordre ont été faites sur d'autres substances ([2]); poursuivies systématiquement, elles permettraient sans doute de multiplier les exemples analogues; et l'on trouverait probablement, dans beaucoup de cas, que l'accroissement continu, au delà d'une certaine valeur, de la pression de l'oxygène sur un corps oxydable, fait tendre vers zéro la vitesse de l'oxydation.

E. La théorie s'applique très simplement au cas des phénols, qui sont justement des corps facilement oxydables; on aurait le cycle

$$A + O^2 = A[O^2]; \quad A[O^2] + \text{Phénol} = A[O] + \text{Phénol}[O],$$
$$A[O] + \text{Phénol}[O] = A + \text{Phénol} + O^2.$$

F. On remarquera que le mécanisme que nous proposons pour expliquer l'action antioxygène n'est pas sans analogie avec celui qui est précisément admis d'ordinaire pour interpréter le phénomène inverse, la catalyse positive d'oxydation. Dans ce dernier cas, en effet, on admet aussi une oxydation intermédiaire du catalyseur (Engler, Job, Bertrand, etc.); le cycle général est, en principe, le suivant :

$$\text{Oxydant} + B = \text{Oxydant réduit} + B[O],$$
$$B[O] + A = A[O] + B; \quad A[O] \rightarrow AO \ (\text{stable}).$$

Seulement ici le peroxyde B[O] du catalyseur B, au lieu de réagir, comme nous l'avons supposé pour la catalyse négative, sur le peroxyde A[O] du corps oxydable A, réagit sur A lui-même.

On voit que la réaction évoluera dans un sens ou en sens inverse suivant que B[O] réagira plus facilement sur A (catalyse positive) ou sur A[O] (catalyse négative). Dans le cas d'un corps autoxydable on aura, pour la

---

(1) Nous tenons à faire remarquer que, d'après notre théorie, $O^2[O]$ n'est pas nécessairement identique à un peroxyde connu, dans l'espèce l'ozone O^3.

(2) Voir notamment, W. Muller, *Ann. d. Physik*, 2e série, t. 141, 1870, p. 95.

catalyse positive,

$$A + O^2 = A[O^2]; \quad A[O^2] + B = A[O] + B[O],$$
$$B[O] + A = A[O] + B; \quad A[O] \rightarrow AO \text{ (stable)}.$$

Le simple rapprochement des deux cycles figuratifs que nous avons adoptés pour les deux catalyses inverses laisse pressentir qu'il pourra suffire, parfois, de bien peu de chose, pour que la succession des phénomènes évolue dans un sens plutôt que dans l'autre. En particulier, le même catalyseur, suivant les corps autoxydables auxquels il sera opposé, pourra agir tantôt comme antioxygène, tantôt comme catalyseur d'oxydation.

Il pourra même arriver que le même catalyseur, opposé au même corps, se conduise, suivant les circonstances expérimentales, comme catalyseur d'oxydation (positif) ou comme antioxygène (négatif). Bref, on doit s'attendre à ce que de faibles variations dans les conditions puissent inverser l'action catalytique.

Quant aux raisons profondes qui font que des peroxydes sont antagonistes ou non et conditionnent, par conséquent, le sens négatif ou positif de la catalyse, nous ne les discuterons pas aujourd'hui. Nous nous bornerons à dire que nous pensons à des mouvements de charges électriques, qui pourraient être plus ou moins analogues à ceux qui se produisent dans les réactions entre ions.

Quel que soit l'avenir réservé à la théorie que nous venons d'exposer, elle présente l'avantage, comme on a pu s'en rendre compte, de suggérer de multiples expériences. C'est ainsi que l'on peut dresser des listes de corps dans lesquels on doit plus particulièrement prévoir la propriété antioxygène. Le premier groupe que nous avons soumis à l'expérimentation est celui de l'iode et de ses composés, et d'autres sont en cours d'étude.

ÉLECTRICITÉ. — *Calcul élémentaire des couples d'amortissement des alternateurs régime forcé dans la théorie des deux réactions, quand on néglige les résistances de l'armature* (1). Note de M. **André Blondel**. (Extrait.)

Je prends comme axe réel OX l'axe des forces électromotrices E_t de même phase que la force électromotrice à circuit couvert et des flux transver-

(1) Pli cacheté déposé le 18 octobre 1918 et ouvert par l'Académie dans sa séance du 26 février 1923.

saux et comme axe imaginaire OY l'axe des flux directs et des forces électromotrices E_d déphasées de $\frac{\pi}{2}$; tous les vecteurs portés sur l'axe OY sont affectés du symbole imaginaire j définissant le déphasage $\frac{\pi}{2}$. La force électromotrice interne a pour expression

$$E = E_t + j E_d.$$

On posera $j = \sqrt{-1}$.

Amortissement des oscillations. — Cette fréquence d'oscillation est assez lente pour que les courants induits auxquels elle peut donner naissance dans l'inducteur soient considérés comme des courants alternatifs lents; par conséquent, l'inductance des circuits placés sur les inducteurs ne jouera pas un rôle écrasant par rapport à la résistance.

Au contraire, dans le circuit induit, par suite de la fréquence élevée du courant du réseau, les courants compensateurs rencontrent des réactances totales ωL_t et ωL_d, prépondérantes par rapport aux résistances; et cela nous permet de négliger ces dernières et d'admettre que toute force électromotrice supplémentaire correctrice sera produite par un courant correcteur décalé de $\frac{\pi}{2}$ par rapport à cette force électromotrice, et dont la grandeur sera égale à la force électromotrice divisée par la réactance correspondante; pendant les oscillations, le décalage θ est supposé varier périodiquement suivant la loi $\theta = \theta_0 \sin \varepsilon t$; la vitesse d'oscillation varie elle-même suivant la loi

$$\frac{d\theta}{dt} = \varepsilon \theta_0 \cos \varepsilon t;$$

la variation de son amplitude est donc ε fois plus grande que celle de θ lui-même. Ces variations de vitesse induisent dans l'inducteur et dans l'induit des courants d'amortissement qui donnent lieu à des couples d'amortissement qu'on va calculer.

1° *Effets amortissants dus à la variation des forces électromotrices de l'induit* (*fig.* 1). — Les variations de vitesse tendent à produire pour chacune des formes électromotrices induites des variations dont les amplitudes seront dans le même rapport avec elles que le rapport de la vitesse ε à la vitesse angulaire normale ω, soit par conséquent $\frac{\varepsilon}{\omega}$. On aura donc dans l'induit deux forces électromotrices polyphasées supplémentaires dont les valeurs efficaces seront, avec leurs phases, en notation complexe

$$e' = e'_d + e'_t = \frac{\varepsilon}{\omega}(E_t + j E_d).$$

Si l'on néglige la résistance r de l'induit devant les réactances, les deux forces électromotrices composantes de e' seront compensées respectivement par des courants polyphasés i'_t, i'_d décalés de $\frac{\pi}{2}$ en arrière, respectivement par

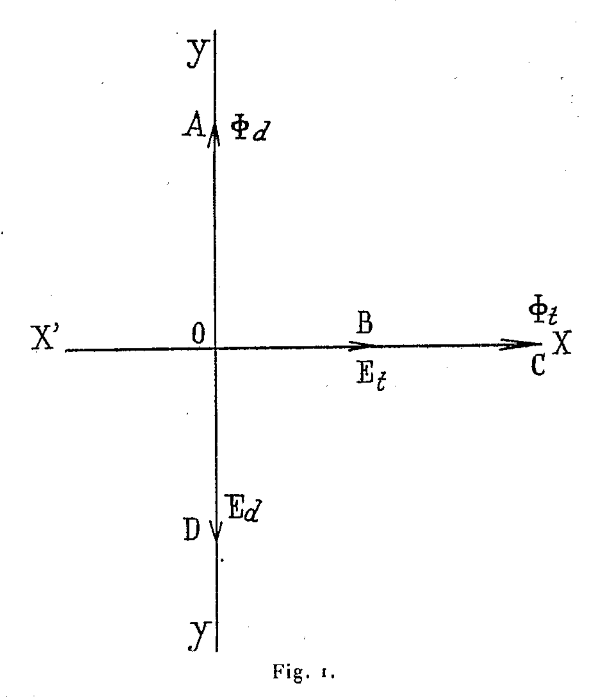


Fig. 1.

rapport à ces forces électromotrices (ce qui équivaut à une division par j ou à une multiplication par $-j$), et dont les intensités efficaces sont obtenues en les divisant respectivement par la réactance correspondant à chaque composante de courant considérée.

Ce courant supplémentaire a donc pour expression complexe

$$i' = \frac{\varepsilon}{\omega}\left(-\frac{jE_t}{\omega L_d} + \frac{E_d}{\omega L_t}\right).$$

Chaque composante de courant n'agissant énergiquement que sur la force électromotrice composante de même phase angulaire, la puissance totale mise en jeu par l'oscillation de vitesse est donc

$$\delta P' = \frac{\varepsilon}{\omega} E_d E_t \left(\frac{1}{\omega L_t} - \frac{1}{\omega L_d}\right).$$

Comme les courants supplémentaires sont produits par la vitesse de déplacement, cette puissance est maximum quand la vitesse d'oscillation

est maximum : elle est donc déphasée dans le temps d'un quart de la période d'oscillation $\left(\frac{2\pi}{\varepsilon}\right)$. Aussi, pour marquer ce décalage dans le temps en notation symbolique, nous affecterons le symbole $\sqrt{-1}$ à l'expression du couple correspondant à $\delta P'$ dans l'équation du mouvement oscillatoire.

L'expression de $\delta P'$ tend vers zéro quand les deux selfs-inductions sont égales, c'est-à-dire que l'on ne trouverait pas dans les réactions électromagnétiques un élément d'amortissement pour les alternateurs idéaux, obéissant à la loi de Joubert, tandis qu'il en existe un dans les alternateurs réels où la saturation des inducteurs produit une différence entre les selfs-inductions.

Le couple amortisseur correspondant s'obtient en divisant $\delta P'$ par le facteur de transformation $\frac{\omega}{p}$ des puissances en couple. On obtient ainsi un couple amortisseur rapporté à la vitesse angulaire unité

$$C' = j\varepsilon \frac{E_d E_t}{p}\left(\frac{1}{\omega L_t} - \frac{1}{\omega L_d}\right).$$

2° *Amortissements dus au courant circulant dans les enroulements des inducteurs.* — Pendant les oscillations, le système inducteur subit une variation de flux complexe

$$\varphi = \varphi_t + j\varphi d,$$

φ_d désignant la variation du flux direct suivant l'axe des pôles et traversant les noyaux inducteurs et les culasses, et φ_t la variation du flux transversal se fermant directement par circulation dans les pièces polaires.

Ces deux variations de flux sont pendulaires et respectivement proportionnelles aux variations pendulaires des forces électromotrices directes et transversales, dont les expressions sont représentées par la formule complexe

$$e' = e'_t + j e'_d = (E_d + jE_t)\theta.$$

Les variations de flux correspondantes s'obtiennent en décalant chacun de ces vecteurs de $\frac{\pi}{2}$ en avance au moyen d'une multiplication par j et en divisant leurs valeurs par le produit caractéristique

$$b = \frac{kN\omega}{q\sqrt{2}} 10^{-8}$$

de la théorie générale des alternateurs et machines à bobinage polyphasé.

Dans cette expression, q est le nombre de phases, N le nombre total de fils périphériques pour un champ double de l'induit, k un vecteur de forme ou de chevauchement de l'enroulement, qui dépend du nombre d'encoches et du nombre de phases et qui tend vers l'unité quand q augmente indéfiniment.

On a ainsi :

$$\varphi = \frac{E_w d\psi}{b} + \frac{jE_d d\psi}{b}.$$

D'autre part, les flux que nous venons de calculer sont proportionnels aux courants compensateurs dont les expressions ont été données plus haut, et qui les produisent; mais tandis que ces courants ont la vitesse de pulsation ω, l'induction produite par leur variation dans les circuits de l'inducteur sera proportionnelle seulement à la vitesse de pulsation ε, de l'oscillation pendulaire. Il en résulte que les courants iuduits dans les circuits des inducteurs seront les mêmes que s'ils étaient produits à la vitesse de pulsation ω par des courants compensateurs réduits dans la proportion de $\frac{\varepsilon}{\omega}$.

Cela posé, pour connaître le courant supplémentaire produit par l'influence du secondaire et sa phase par rapport au courant primaire correspondant, il suffit d'employer le diagramme circulaire des transformateurs, en négligeant comme ci-dessus la résistance primaire.

Soit (*fig.* 2) $Oa = i_t$ le vecteur représentatif d'un des courants compen-

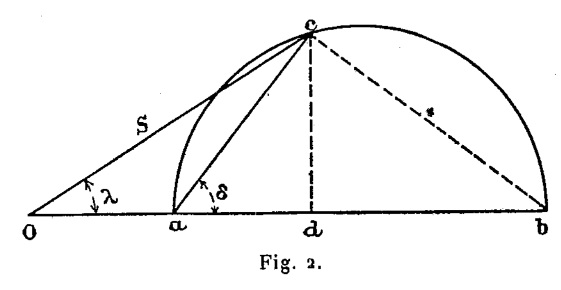


Fig. 2.

sateurs $i_d i_w$ de l'induit; d'après ce qui précède, il produit sur le secondaire un effet équivalent à celui d'un courant de pulsation ε ayant l'amplitude i_t.

On portera sur la direction Oa une longueur

$$ab = \frac{1-\sigma}{\sigma} i_t = \frac{\varepsilon}{\omega} \frac{1-\sigma}{\sigma} \frac{\omega L_t}{E_d}$$

en appelant σ le coefficient de dispersion [1].

---

[1] On a, en effet, en appelant τ_1, τ_2 les coefficients de fuites primaire et secondaire

L'expression de ab est équivalente à la suivante :

$$ab = \frac{E_d}{\omega \Lambda_t},$$

en appelant Λ_t la self-induction *totale* de fuites primaire (c'est-à-dire la self-induction primaire équivalente à l'ensemble des selfs-inductions de fuites du primaire et du secondaire).

Si ce circuit secondaire (enroulement sur les inducteurs) avait une résistance nulle, et seulement de la self-induction, le courant à ajouter au courant compensateur i_d serait ab lui-même; mais on sait que, si le circuit secondaire a une certaine résistance R_2, une certaine self-induction totale de fuites Λ_2 (self extérieure comprise), le courant primaire occasionné par la présence du court circuit secondaire sera représenté par un vecteur ac, formé en coupant le cercle par une droite tracée de a sous un angle δ, telle que

$$\text{tang}\,\delta = \frac{R_2}{\varepsilon \Lambda_2}.$$

Ce vecteur ac a lui-même pour longueur $am = ab \cos\delta$, expression dans laquelle on remplacera ab par sa valeur donnée plus haut; d'ou

$$ac = \frac{E_d}{\omega \Lambda_t} \cos\delta.$$

Le courant compensateur i_t sera donc à majorer par l'addition vectorielle d'un courant ac, présentant par rapport à lui un décalage en avance de δ *dans le temps* (mais non pas dans l'espace). En multipliant vectoriellement ce courant ac par la force électromotrice correspondante E_d, on aura la puissance d'amortissement et, en divisant celle-ci par $\frac{\omega}{p}$, on aura le couple d'amortissement dû aux réactions dans le circuit inducteur.

Si l'on passe aux notations imaginaires pour représenter les variations des inducteurs dans le temps, le courant compensateur i_w, dû au décalage,

---

respectivement ν_1, ν_2 les coefficients d'Hopkinson

$$\frac{1-\sigma}{\sigma} = \frac{1}{\nu_1 \nu_2 - 1} = \frac{1}{\tau_1 + \tau_2};$$

d'où

$$\frac{1-\sigma}{\sigma} \frac{1}{\omega L_t} = \frac{1}{\omega L_t(\tau_1 + \tau_2)} = \frac{1}{\omega \Lambda \tau}.$$

se trouvera remplacé par un courant $i_t + i''_t$, i''_t ayant la valeur ci-dessous :

$$i''_t = \overline{ah} + j\,\overline{ch} = \frac{E_t}{\omega \Lambda_t}[\cos\delta + j\sin\delta] = \frac{E_t}{\omega \Lambda_t}\left[\frac{(\varepsilon\Lambda_2)^2}{R_{t^2}^2 + (\varepsilon\Lambda_{t^2})^2} + j\,\frac{\varepsilon\Lambda_2 R_2}{R_{t^2}^2 + (\varepsilon\Lambda_{t^2})^2}\right].$$

Par analogie, et sans qu'il soit nécessaire de recommencer le calcul, on voit de suite que le courant compensateur i_d est remplacé par un courant compensateur i''_d ayant l'expression ci-dessous :

$$i''_d = \frac{E_d}{\varepsilon \Lambda_d}\left[\frac{(\varepsilon\Lambda_{d^2})^2}{(R_{d^2})^2 + (\varepsilon\Lambda_{d^2})^2} + \frac{\varepsilon\Lambda_{d^2} R_2}{(R_{d^2})^2 + (\varepsilon\Lambda_{d^2})^2}\right].$$

Les courants i'_t et i'_d sont respectivement à multiplier par les forces électromotrices correspondantes en phase E_t et E_d pour avoir les puissances amortissantes; et, en divisant par la vitesse angulaire $\frac{\omega}{p}$, on aura les couples amortissants dont les expressions sont ainsi :

$$\begin{aligned} C = {} & \frac{p}{\omega}\left[\frac{E_t^2}{\omega\Lambda_t}\,\frac{(\varepsilon\Lambda_{t^2})^2}{R_{t^2}^2 + (\varepsilon\Lambda_{t^2})^2} + \frac{E_d^2}{\omega\Lambda_d}\,\frac{(\varepsilon\Lambda_{d^2})^2}{R_{d^2}^2 + (\varepsilon\Lambda_{d^2})^2}\right] \\ & + j\frac{p}{\omega}\left[\frac{E_t^2}{\omega\Lambda_t}\,\frac{R_{t^2}^2\,\varepsilon\Lambda_{t^2}}{R_{t^2}^2 + (\varepsilon\Lambda_{t^2})^2} + \frac{E_d^2}{\omega\Lambda_d}\,\frac{R_{d^2}^2\,\varepsilon\Lambda_{d^2}}{R_{d^2}^2 + (\varepsilon\Lambda_{d^2})^2} + E_t E_d\left(\frac{1}{\omega L_t} - \frac{1}{\omega L_d}\right)\right]. \end{aligned}$$

La discussion de ces formules fera l'objet d'un Mémoire plus étendu.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les fonctions quasi-analytiques de variables réelles*. Note de M. C. DE LA VALLÉE POUSSIN.

Les fonctions quasi-analytiques découvertes par M. Borel viennent d'être l'objet d'importantes recherches de MM. Denjoy (1) et Carleman (2). Ces fonctions sont toujours exprimables en séries de Fourier. Nous allons montrer qu'il est avantageux de les étudier sous cette forme.

Considérons une fonction $f(x)$, paire, de période 2π (3), indéfiniment dérivable, mais non analytique, définie par la série

$$f(x) = a_0 + a_1\cos x + a_2\cos 2x + \ldots + a_n\cos nx + \ldots.$$

L'expression $\log\left|\frac{1}{a_n}\right|$ sera infiniment grande avec n, d'un ordre plus élevé que $\log n$ et moins élevé que n. Nous avons alors le théorème suivant :

(1) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 1329.
(2) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 373, et t. 176, 1923, p. 64.
(3) On est toujours ramené à ce cas en remplaçant la variable par $\cos x$.

La fonction $f(x)$ sera quasi-analytique si l'on a, quel que soit n,

(1) $$|a_n| < A e^{-\psi(n)} \quad (\text{A constant}),$$

pourvu que la fonction $\psi(n)$ satisfasse aux conditions suivantes: 1° elle est constamment croissante; 2° elle est telle que l'intégrale

$$\int^{\infty} \psi(n) \frac{dn}{n^2}$$

soit divergente; 3° elle satisfait à une condition supplémentaire de régularité: nous admettrons ici (pour simplifier) que la dérivée $\psi'(n)$ est continue et que la fonction $n\psi'(n)$ est non décroissante.

Pour l'établir, il faut prouver que $f(x)$ est identiquement nulle si elle s'annule avec toutes ses dérivées pour $x = 0$. Pour cela il suffit de montrer que la fonction, holomorphe dans tout le plan z,

$$F(z) = \int_0^{2\pi} f(x) e^{-zx} dx.$$

est nulle. On a, par p intégrations par parties consécutives,

$$F(z) = \int_0^{2\pi} \frac{f^{(p)}(x)}{z^p} e^{-zx} dx.$$

Donc, si $-\frac{\pi}{2} < \theta < \frac{\pi}{2}$,

$$|F(re^{\theta i})| < 2A\pi \sum_n \left(\frac{n}{r}\right)^p e^{-\psi(n)} < 2A\pi \int^{\infty} \left(\frac{t}{r}\right)^p e^{-\psi(t)} dt.$$

Donnons à p la valeur entière égale ou immédiatement supérieure à $\frac{1}{2} r\psi'(r)$ et soit α la fraction $p - \frac{1}{2} r\psi'(r)$; nous avons

$$|F(re^{\theta i})| < 2A\pi \left[\max \left(\frac{t}{r}\right)^{\frac{r\psi'(r)}{2}} e^{-\frac{\psi(t)}{2}}\right] \int^{\infty} \left(\frac{t}{r}\right)^{\alpha} e^{-\frac{\psi(t)}{2}} dt.$$

La dernière intégrale est bornée; le maximum du crochet est atteint pour une racine t de l'équation $r\psi'(r) - t\psi'(t) = 0$, donc pour $t = r$ (à cause de 3°). Il vient donc

$$|F(re^{\theta i})| < B e^{-\frac{\psi(r)}{2}} \quad (\text{B constant}).$$

Ceci ayant lieu, quel que soit r et pour $|\theta| < \frac{\pi}{2}$, F est nulle par le théorème de M. Carleman (¹).

(¹) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 373.

Le théorème précédent permet d'écrire immédiatement l'expression d'une fonction quasi-analytique. On peut regarder la fonction $\psi(x)$ comme caractérisant une classe cohérente de fonctions quasi-analytiques. Observons que cette classe serait aussi bien caractérisée par l'ordre de la meilleure approximation trigonométrique d'ordre n. En particulier, en prenant pour $\psi(n)$ les fonctions $n:\log n$, $n:\log n \log\log n$, ... qui vérifient nos conditions, on retrouve les classes considérées par M. Denjoy.

Enfin, s'il existe une fonction quasi-analytique satisfaisant à la condition (1) prenant, avec ses dérivées successives d'ordre pair, les valeurs C_0, C_2, C_4, ... pour $t=0$, la détermination de cette fonction au moyen de ces valeurs ne dépend que de la résolution d'inégalités linéaires. Donnons-nous deux nombres positifs n et ε (n entier); les conditions (1) permettent d'assigner un entier m assez grand pour que les constantes de Fourier a_k de la fonction cherchée satisfassent aux n inégalités

$$(2) \qquad \left| C_{2\nu} - \sum_{k=0}^{m} (-1)^\nu k^{2\nu} a_k \right| < \varepsilon \qquad (\nu = 0, 1, 2, \ldots, n-1).$$

Les inégalités (1) et (2) admettent donc certainement un système au moins de solutions $a_0, a_1, \ldots, a_m$. On en cherchera un par tel procédé que l'on voudra, ce qui déterminera une fonction trigonométrique d'ordre m

$$\varphi_m(x) = \sum_0^m a_k \cos kx.$$

Si l'on fait tendre à la fois n vers l'infini et ε vers zéro, on peut être assuré que φ_m convergera vers la fonction cherchée, sinon on pourrait construire deux fonctions quasi-analytiques différentes admettant les mêmes valeurs $C_{2\nu}$.

On peut aussi, dans le cas actuel, simplifier le procédé de détermination proposé par M. Carleman. On cherche les solutions a_k du système de n équations

$$C_{2\nu} = \sum_{k=0}^{m} (-1)^\nu k^{2\nu} a_k \qquad (\nu = 0, 1, 2, \ldots, n-1),$$

qui miniment l'expression

$$\sum_{k=0}^{m} a_k^2 e^{\psi(k)} \qquad (m > n-1).$$

Toutefois, pour être assuré de la convergence de φ_m, il faut, n étant donné, rendre ε suffisamment petit dans les relations (2). Ce résultat est atteint si les solutions x_k du système déterminé de n équations à n inconnues

$$\sum_{k=0}^{n-1} k^{2\nu} x_k = \varepsilon_\nu \qquad (\nu = 0, 1, 2, \ldots, n-1)$$

sont toutes de module inférieur à $e^{-\psi(n)}$ sous la condition que les ε_ν des seconds membres soient tous de module $< \varepsilon$. On choisira m en conséquence.

GÉOLOGIE. — *Sur le séisme du 12 octobre 1922 dans la Creuse et le Limousin et sur quelques séismes dans le nord-ouest du Massif Central.* Note de M. **Ph. Glangeaud.**

Il était généralement admis jusqu'ici que le Massif Central était une région à peine séismique, sauf cependant le Velay qui était, paraît-il, plus sujet aux tremblements de terre.

J'ai indiqué à plusieurs reprises et ici même, récemment [1], que la Limagne et les régions volcaniques voisines : Mont-Dore, Cézallier, Cantal, etc., avaient une séismicité au moins aussi marquée que le Velay. J'ai relaté notamment dans ce territoire la grande extension d'un tremblement de terre qui s'était produit le 3 octobre 1920.

J'en signalerai sommairement un plus récent qui eut lieu le 24 mai 1921, à 3^h35 et à 4^h et se traduisit par deux secousses assez fortes qui ébranlèrent la région précitée, mais sur une étendue moins considérable. Ce séisme englobait Clermont, La Bourboule, Laqueuille (Puy-de-Dôme), Langeac (Haute-Loire), etc. ; sa zone épifocale était sensiblement située dans la région d'Issoire et le massif volcanique des Monts Dore trembla tout entier.

La partie du Massif Central comprise à l'ouest de la grande dislocation houillère, que je désigne sous le nom de *Plateau Central*, et qui a été beaucoup moins influencée que le reste du Massif par les mouvements tertiaires, paraissait stable.

Elle n'est pas cependant à l'abri des séismes, ainsi que je l'ai déjà indiqué, puisqu'elle fut secouée, en 1913, par deux séismes, qui étaient en relation avec d'importantes dislocations posthercyniennes de direction armoricaine, étudiées par M. de Launay.

---

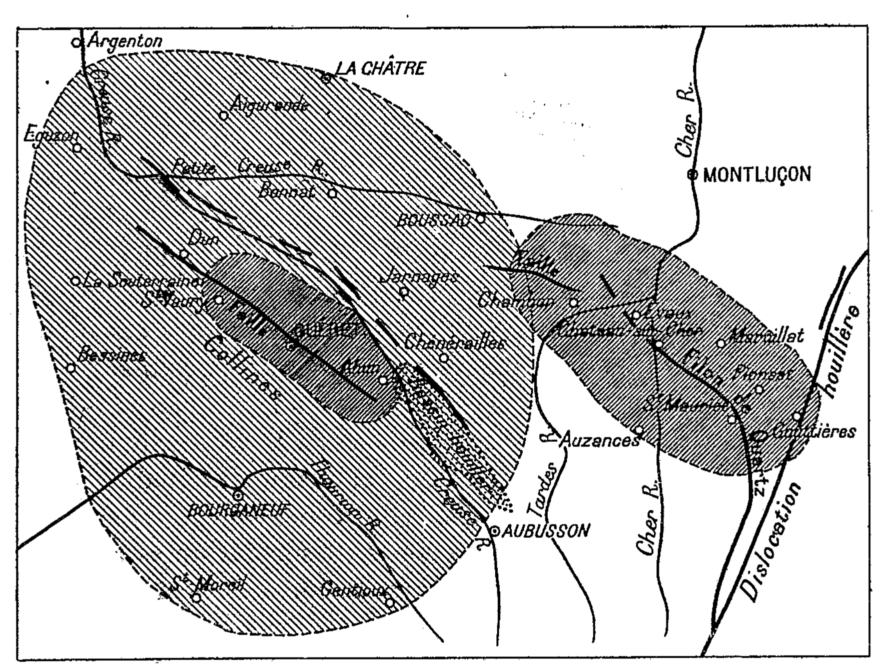
(1) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 461.

Je désire parler aujourd'hui d'un troisième séisme, qui fit trembler le 12 octobre 1922 une grande partie du département de la Creuse, et empiéta sur l'est du département de la Haute-Vienne et le sud du département de l'Indre.

La zone ébranlée avait grossièrement une forme elliptique dont Guéret et Dun-le-Palleteau (Creuse) seraient les foyers et dont les limites étaient Bessines, Saint-Sulpice les Feuilles (Haute-Vienne), le sud d'Argenton, Eguzon, La Châtre, Neuvy-Saint-Sépulcre, Aygurande (Indre); Clugnat, Chambon-sur-Vouèze, Chénérailles, Saint-Sulpice-les-Champs, Gentioux, aux confins de la Corrèze, Saint-Moreil (Creuse), aux confins de la Haute-Vienne.

Le grand axe de l'ellipse de direction NW mesure environ 80^{km} de long et le petit 65^{km}. La région intéressée par le séisme couvre donc environ 4100^{km^2}.

Il y eut trois secousses : la première à 22^h30^m, la deuxième à 22^h36^m et la troisième à 22^h45^m.



Carte schématique au 500000e montrant l'extension de 3 séismes dans le NW du Massif Central (1913-1922), en relation avec de grandes dislocations armoricaines.

D'après M. Lafay, directeur de l'École normale de Guéret, la première secousse dura 5 secondes, elle fut forte, la seconde fut presque

aussi forte mais ne dura que 3 secondes, la troisième fut beaucoup plus faible. A Dun, M. Genevois signale la puissance de la première qui produisit l'impression d'une violente explosion : objets entrechoqués ou renversés, portes ouvertes et fermées, meubles déplacés, tintements de sonnettes, etc., tels sont les caractères mentionnés par les observateurs dans la région focale de l'ellipse.

M. le Dr Gouzonnet, de Guéret, me rapporte qu'une de ses malades fut projetée hors de son lit par la première secousse.

L'épicentre du séisme doit être placé entre Dun et Guéret, et dans une série de zones concentriques, il y a diminution progressive de l'intensité des secousses. Au pourtour, la troisième n'a pas été ressentie et si, entre les deux localités précitées, l'intensité atteignait le cinquième et même le sixième degré de l'échelle de Rossi, elle diminuait jusqu'au troisième à la périphérie de la zone ébranlée.

Les observations relatives à la direction de l'ébranlement sont les plus difficiles à effectuer; cependant, la plupart des observations concordent pour leur donner une direction sensiblement N-S.

Si l'on examine les rapports entre la région ébranlée, sa topographie et sa constitution géologique, on constate que le territoire le plus fortement secoué s'étend sur environ 12^{km}, entre Guéret et Dun, que ce territoire parcouru par la voie ferrée Guéret-Saint-Sébastien offre une altitude moyenne de 400^m, longe la base de collines escarpées (Puy de Goudy, Maupuy, Puy des Trois Cornes, etc.) surtout granitiques, culminant cette base de 250^m à 300^m. Ces collines traversées de nombreux filons de quartz, de granite à mica blanc et de microgranite, font partie d'une zone de direction NW (direction armoricaine) *surélevée* par rapport à une *zone effondrée*, dont l'axe également NW est *jalonné par la vallée de la Creuse*. Or celle-ci est en grande partie une vallée tectonique, soulignée par des lambeaux effondrés de Dinantien, de Stéphanien, le bassin houiller Ahun-Lavaveix, des filons de microgranite et de porphyre pétrosiliceux, étudiés par M. de Launay (feuilles géologiques de Guéret et d'Aubusson).

L'escarpement qui jalonne les deux zones est surtout un escarpement de faille et la *zone d'ébranlement maximum* (zone épifocale) coïncide *très sensiblement* avec cette importante dislocation.

Il ne paraît donc pas douteux que le séisme du 12 octobre 1922, dont il est question ici, n'ait pour cause le réajustage des deux compartiments principaux, limités par cette fracture.

C'est pour ces causes très analogues et suivant des accidents également armoricains, que se produisirent les deux tremblements de terre de 1912

et 1913, le premier aux environs de Guéret et aussi les 50 secousses qui se succédèrent pendant 4 mois depuis Évaux (Creuse) jusqu'à Pionsat (Puy-de-Dôme).

On peut conclure de ces données que les séismes du Massif Central, jusqu'ici non destructeurs, ont pour cause les tassements et les réajustages de compartiments qui se produisent le long des grandes fractures intéressant ce Massif, fractures d'âge hercynien ou posthercynien (ouest du Massif, Limousin, etc.) ou tertiaire (régions surtout volcaniques).

J'ajouterai que les séismes ont une plus grande importance et une extension plus considérable dans les seconds territoires (Limagne, Mont-Dore, Cantal, Velay) que dans les premiers.

M. J. **Hadamard** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. G. **Juvet**, intitulé : *Introduction au calcul tensoriel et au calcul différentiel absolu*, dont il a écrit la *Préface*.

M. **Costantin** présente à l'Académie un Ouvrage qu'il vient de publier sous le titre *Origine de la vie sur le Globe*.

Les progrès considérables réalisés par les sciences physiques et chimiques dans ces dernières années amènent à envisager certaines questions réputées insolubles. Il serait peu scientifique de méconnaître l'existence des problèmes que l'esprit humain se pose invinciblement. Tel est celui des origines de la vie : il est bon d'interroger la Géologie, la Paléontologie, la Chimie, la Physique et la Biologie à ce sujet; c'est ce qui a été tenté dans l'Ouvrage précédent.

M. **Tullio Levi-Civitá** fait hommage à l'Académie de ses *Leçons de Mécanique rationnelle* (Volume premier : *Cinématique. — Principes et Statique*) rédigées en collaboration avec M. Ugo Amaldi.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Section de Chimie, en remplacement de M. *Georges Lemoine*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 60,

M. Gabriel Bertrand	obtient	. . . . .	39	suffrages
M. Camille Matignon	»	. . . . .	12	»
M. Marcel Delépine	»	. . . . .	4	»
M. Émile Blaise	»	. . . . .	2	»
M. André Debierne	»	. . . . .	2	»

Il y a un bulletin nul.

M. **Gabriel Bertrand**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

COMMISSIONS.

Le scrutin pour la nomination des commissions de prix de 1923, ouvert en la séance du 26 février, est clos en celle du 5 mars.

46 cahiers de vote sont déposés.

Le dépouillement des cahiers de vote donne les résultats suivants :

I. Mathématiques : *Prix Bordin*, *Francœur*. — MM. Appell, Painlevé, Hadamard, Goursat, Borel, Lebesgue; Boussinesq, Émile Picard, Lecornu.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Hamy, Kœnigs.

II. Mécanique. — *Prix Montyon*, *Poncelet*. — MM. Boussinesq, Sebert, Vieille, Lecornu, Kœnigs, Mesnager; Émile Picard, Appell, Bertin.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Rateau, Breton.

III. Astronomie : *Prix Lalande*, *Damoiseau*, *Benjamin Valz*, *Pierre Guzman*,

G. de Pontécoulant. — MM. Deslandres, Bigourdan, Baillaud, Hamy, Puiseux, Andoyer; Boussinesq, Émile Picard, Appell.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. de Gramont, Lebesgue.

IV. Géographie : *Prix Gay, fondation Tchihatchef.* — MM. Bertin, Lallemand, Fournier, Bourgeois, Ferrié, Gentil; Guignard, le prince Bonaparte, Douvillé.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Mangin, Lecomte.

V. Navigation : *Prix de six mille francs, Plumey.* — MM. Boussinesq, Sebert, Bertin, Vieille, Lallemand, Lecornu, Fournier, Bourgeois, Kœnigs, Mesnager, Ferrié, Gentil; Émile Picard, Rateau, Laubeuf.

A ensuite obtenu le plus de suffrages : M. Borel.

VI. Physique : *Prix Gaston Planté, Hébert, Henri de Parville, Hughes, Pierson-Perrin, fondations Danton, Clément Félix.* — MM. Violle, Villard, Branly, Daniel Berthelot, Brillouin, N...; Boussinesq, Émile Picard, Paul Janet.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Appell, Breton.

VII. Chimie : *Prix Montyon des arts insalubres, Jecker, fondation Cahours, prix Houzeau.* — MM. Haller, Le Chatelier, Moureu, Béhal, Urbain, Gabriel Bertrand; Schlœsing, Maquenne, Lindet.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Roux, A. Lacroix.

VIII. Minéralogie et Géologie : *Prix Delesse, Fontannes, Victor Raulin, Joseph Labbé, James Hall.* — MM. Barrois, Douvillé, Wallerant, Termier, de Launay, Haug; A. Lacroix, Depéret, Kilian.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Maquenne, Costantin.

IX. Botanique : *Prix Desmazières, Montagne, Jean Thore, de Coincy, Jean de Rufz de Lavison.* — MM. Guignard, Mangin, Costantin, Lecomte, Dangeard, N...; Bouvier, le prince Bonaparte, Henneguy.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Maquenne, Flahault.

X. Économie rurale : *Prix Bigot de Morogues.* — MM. Roux, Schlœsing, Maquenne, Leclainche, Viala, Lindet; Guignard, Tisserand, Marchal.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Mangin, Costantin.

XI. Anatomie et Zoologie : *Prix Cuvier, fondation Savigny.* — MM. Bouvier, Henneguy, Marchal, Joubin, Mesnil, Gravier; d'Arsonval, le prince Bonaparte, Douvillé.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Mangin, Charles Richet.

XII. Médecine et Chirurgie : *Prix Montyon, Barbier, Bréant, Godard, Chaussier, Mège, Bellion, Larrey, Argut.* — MM. d'Arsonval, Charles Richet, Quénu, Widal, Bazy, Vincent; Guignard, Roux, Henneguy, Branly, Mesnil.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Leclainche, Joubin.

XIII. Physiologie : *Prix Montyon, Pourat, Philipeaux, Fanny Emden.* — MM. d'Arsonval, Roux, Henneguy, Mangin, Charles Richet, Quénu, Widal.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Mesnil, Vincent.

XIV. *Fonds Charles Bouchard.* — MM. d'Arsonval, Guignard, Roux, Henneguy, Mangin, Branly, Charles Richet, Quénu, Widal, Bazy, Mesnil, Vincent.

XV. *Prix Montyon de statistique.* — MM. Émile Picard, Appell, Violle, le prince Bonaparte, Tisserand, Lecomte, Borel.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Boussinesq, d'Ocagne.

XVI. Histoire et philosophie des sciences : *Prix Binoux.* — MM. Boussinesq, Émile Picard, Appell, Bouvier, Bigourdan, de Launay, Daniel Berthelot.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Sebert, Borel.

XVII. *Médailles Arago, Lavoisier, Berthelot.* — MM. Haller, Bigourdan, Émile Picard, A. Lacroix.

XVIII. *Prix Gustave Roux, Thorlet, fondations Lannelongue, Trémont, Gegner, Hirn, Henri Becquerel.* — MM. Haller, Bigourdan, Émile Picard, A. Lacroix, Appell, Guignard.

XIX. *Prix fondé par l'État :* Grand prix des sciences physiques. — MM. d'Arsonval, Guignard, A. Lacroix, Douvillé, Le Chatelier, Henneguy, Termier.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Barrois, de Launay.

XX. *Prix Lallemand.* — MM. d'Arsonval, Bouvier, Henneguy, Marchal, Richet, Joubin, Mesnil.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Widal, Gravier.

XXI. *Prix Serres.* — MM. d'Arsonval, Guignard, Bouvier, Henneguy, Marchal, Richet, Joubin, Mesnil, Gravier.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Roux, Branly.

XXII. *Prix Petit d'Ormoy (Sciences mathématiques pures ou appliquées).* — MM. Boussinesq, Émile Picard, Appell, Painlevé, Bigourdan, Lecornu, Borel.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Hadamard, Kœnigs.

XXIII. *Prix Petit d'Ormoy* (*Sciences naturelles*). — MM. Guignard, Roux, Bouvier, A. Lacroix, Douvillé, Mangin, Termier.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Henneguy, Gravier.

XXIV. *Prix Estrade-Delcros.* — MM. Émile Picard, Appell, Deslandres, Baillaud, Hamy, Kœnigs, Borel.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Goursat, Lebesgue.

XXV. *Prix Saintour.* — MM. Boussinesq, Émile Picard, Appell, Bigourdan, Baillaud, Kœnigs, Borel.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Violle, Hamy.

XXVI. *Prix Henri de Parville* (Ouvrages de sciences). — MM. Haller, Bigourdan, Émile Picard, A. Lacroix; Appell, Moureu, Janet.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Le Chatelier, Breton.

XXVII. *Prix Lonchampt.* — MM. Guignard, Roux, A. Lacroix, Maquenne, Mangin, Charles Richet, Leclainche.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Marchal, Widal.

XXVIII. *Prix Henry Wilde.* — MM. Émile Picard, Guignard, Violle, A. Lacroix, Bigourdan, Kœnigs, Borel.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Boussinesq, Brillouin.

XXIX. Question à proposer pour le *Prix Bordin* (Sciences physiques) à décerner en 1925. — MM. Guignard, Roux, Haller, Bouvier, Schlœsing, A. Lacroix, Douvillé.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Le Chatelier, Mangin.

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Glaucome et Hypotonie*, par Félix Lagrange. (Présenté par M. Quénu.)

2° *William Gilson Farlow* (1844-1919), par Charles Loring Jackson.

M. **Jules Baillaud** adresse un Rapport sur l'emploi qu'il a fait de la subvention qui lui a été accordée sur la *Fondation Loutreuil* en 1921.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'intégration locale des équations d'Einstein.* Note de M. **Georges Darmois.**

Nous appellerons espaces extérieurs d'Einstein les espaces à quatre dimensions tels que les coefficients g_{ik} de leur forme fondamentale satisfassent aux dix équations :

$$R_{\lambda\mu} = 0 \qquad (R_{\lambda\mu} \text{ étant le tenseur de gravitation}).$$

L'étude de l'espace temps à l'intérieur des masses conduit à d'autres équations que nous n'étudions pas tout d'abord.

Les propriétés géométriques de ces espaces extérieurs ont un grand intérêt pour la théorie de la relativité. Nous nous placerons à un point de vue purement mathématique.

1° *Étude au voisinage d'un point.* — Ces résultats sont presque classiques. A l'aide des coordonnées géodésiques de Riemann, on obtient aisément

$$ds^2 = dx_4^2 - dx_1^2 - dx_2^2 - dx_3^2 + \sum A_{ik,mn}(x_i dx_k - x_k dx_i)(x_m dx_n - x_n dx_m).$$

Les fonctions à quatre indices, $A_{ik,mn}$, au nombre de 20, sont développables suivant les puissances de x_1, x_2, x_3, x_4. Leurs valeurs au point considéré sont les composantes du tenseur de Riemann-Christoffel. Les équations d'Einstein fournissent aisément les premiers termes de ces fonctions. Il est évident qu'elles définissent la façon dont l'espace diffère de l'espace euclidien représenté par les premiers termes. On peut obtenir des formes réduites.

2° *Étude au voisinage d'un espace à trois dimensions.* — C'est la question vraiment intéressante. Nous la résoudrons en étudiant les théorèmes d'existence des solutions du système. On sait d'abord que les dix fonctions $R_{\lambda\mu}$ ne sont pas indépendantes. Il existe entre elles quatre relations identiques, linéaires par rapport aux $R_{\lambda\mu}$ et leurs dérivées premières.

Portons notre attention sur la variable x_4. Isolons les six équations qui ne contiennent pas l'indice 4, et supposons qu'on ait trouvé un système de solutions de ces équations. Les quatre fonctions $R_{\lambda 4}$ qui doivent être nulles

satisfont à quatre équations homogènes, résolubles par rapport aux dérivées $\frac{\partial}{\partial x_4}$, à condition que $g^{(44)}$ soit différent de zéro. Si donc nous donnons à ces quatre fonctions des valeurs nulles pour une valeur déterminée de x_4, elles seront toujours nulles.

Or on constate que, toujours sous la condition $g^{(44)} \neq 0$, les six premières équations sont résolubles par rapport aux dérivées $\frac{\partial^2 g_{\alpha\beta}}{\partial x_4^2}$ $(\alpha, \beta = 1, 2, 3)$.

Les seconds membres sont des fonctions de $g_{\lambda\mu}$, $\frac{\partial g_{\lambda\mu}}{\partial x_4}$, $\frac{\partial^2 g_{\lambda\mu}}{\partial x_4 \partial x_\gamma}$ $(\gamma = 1, 2, 3)$.

Les trois équations $R_{14} = R_{24} = R_{34} = 0$ ne fournissent que des combinaisons linéaires des dérivées déjà connues.

L'équation $R_{44} = 0$ fait apparaître les quatre dernières dérivées secondes. Le système n'a donc pas la forme normale permettant l'application des théorèmes de Cauchy. Pour le résoudre, nous nous donnerons arbitrairement g_{14}, g_{24}, g_{34}, g_{44}, et en outre les valeurs pour $x_4 = 0$ des $g_{\alpha\beta}$ et $\frac{\partial g_{\alpha\beta}}{\partial x_4} = \gamma_{\alpha\beta}$, c'est-à-dire de douze fonctions de trois variables, la forme quadratique des $g_{\alpha\beta}$ étant à discriminant non nul (condition $g^{(44)} \neq 0$).

Dans ces conditions, les six premières équations fournissent les six fonctions qui restent à déterminer. Elles sont données par des développements suivant les puissances de x_4.

Si maintenant on calcule à l'aide des données les valeurs que prennent R_{14}, R_{24}, R_{34}, R_{44} pour $x_4 = 0$, on trouve quatre fonctions de x_1, x_2, x_3 qui doivent être identiquement nulles. Ce système, considéré comme aux inconnues $\gamma_{\alpha\beta}$, est assez simple. Il comprend trois équations linéaires aux dérivées partielles du premier ordre et une équation finie, quadratique en $\gamma_{\alpha\beta}$. Ce système, toujours possible, est beaucoup plus maniable que le système primitif.

Nous obtiendrons des résultats très nets en choisissant, ce qui est toujours possible, $g_{14} = g_{24} = g_{34} = 0$, $g_{44} = 1$.

Il suffit, étant donné un espace à trois dimensions quelconque, de lui mener les géodésiques normales et d'appeler x_4 la distance géodésique d'un point à cet espace. Sous la seule condition que cette construction soit possible, on aura

$$ds^2 = dx_4^2 + \sum g_{\alpha\beta}\, dx_\alpha\, dx_\beta.$$

Nous n'avons plus alors que six inconnues. Il est donc évident que la donnée de $g_{\alpha\beta}$ et $\gamma_{\alpha\beta}$ suffit à déterminer tout l'espace.

Les $g_{\alpha\beta}$ définissent la première forme fondamentale, ou élément linéaire de l'espace à trois dimensions. Les $\gamma_{\alpha\beta}$ définissent une forme quadratique évidemment invariante, dont le rôle est important en géométrie. C'est la deuxième forme fondamentale de l'espace considéré.

On peut dire que la donnée de ces deux formes équivaut à une tranche infiniment mince d'espace à quatre dimensions comprise entre deux espaces parallèles.

On voit que, pour un espace d'Einstein, cette tranche suffit à définir tout l'espace.

Mais elle n'est pas quelconque. Elle satisfait à quatre conditions, qui prennent une forme élégante.

On sait qu'on peut déduire de la forme invariante des $\gamma_{\alpha\beta}$, par dérivation covariante par rapport à la forme des $g_{\alpha\beta}$, un tenseur covariant du troisième ordre très important dont toutes les composantes sont nulles dans un espace euclidien.

Ce tenseur, composé avec le contrevariant $g^{(\alpha\beta)}$, fournit un tenseur covariant du premier ordre.

Les trois premières équations expriment que ce tenseur est nul.

La quatrième équation est une relation très simple entre deux invariants simultanés des deux formes quadratiques et la courbure scalaire de l'espace à trois dimensions choisi comme point de départ.

Les espaces d'Einstein sont donc définis, dans tout leur domaine d'existence, par une tranche comprise entre deux espaces parallèles infiniment voisins, satisfaisant à quatre conditions invariantes.

Dans le cas spécial de la relativité, il faut tenir compte de deux remarques :

1° Notre variable x_4 n'est réelle que si l'espace initial correspond à une forme définie négative. La solution est néanmoins générale.

2° Il faudrait étudier ce que deviennent les $g_{\alpha\beta}$ à grande distance spatiale.

En tout cas, nous pouvons étudier géométriquement ces espaces, dans tout le voisinage d'un espace à trois dimensions très général. Les espaces exceptionnels sont définis par la condition $g^{(44)} = 0$, dont la signification géométrique est simple.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une catégorie de polynomes analogues aux polynomes électrosphériques* [1]. Note de M. F. **Defourneaux**.

I. J'ai montré précédemment [2] comment les polynomes électrosphériques U et leurs combinaisons linéaires H peuvent être utilisés pour exprimer toutes les solutions d'une équation de Pell, $X^2 - DY^2 = 1$, en fonction de la solution fondamentale de cette équation.

Je me propose maintenant d'obtenir un résultat identique pour l'équation $X^2 - DY^2 = -1$, supposée résoluble en nombres entiers, grâce à l'introduction de polynomes qui se présentent tout naturellement dans l'étude des polynomes électrosphériques et qui offrent avec eux certaines analogies.

Ces polynomes sont :

1° $\mathcal{V}_0 = 1$, $\mathcal{V}_1 = v$, $\mathcal{V}_2 = v^2 + 1$, $\mathcal{V}_3 = v^3 + 2v$, ... avec $\mathcal{V}_{n+1} = v\mathcal{V}_n + \mathcal{V}_{n-1}$, loi de récurrence vérifiée pour n positif, nul ou négatif;

2° $\mathcal{H}_0 = 2$, $\mathcal{H}_1 = v$, $\mathcal{H}_2 = v^2 + 2$, ..., tels que $\mathcal{H}_n = \mathcal{V}_n + \mathcal{V}_{n-2}$, quel que soit l'entier n.

Les polynomes $\mathcal{V}$ peuvent se définir géométriquement, comme les polynomes $\mathcal{U}$, en cherchant les images successives conjuguées pour un plan et une sphère, celle-ci étant imaginaire et de rayon $R\sqrt{-1}$ [3]. On peut d'ailleurs établir les identités

$$\mathcal{V}_n(v) = (-i)^n \mathcal{U}_n(iv), \qquad \mathcal{H}_n(v) = (-i)^n \mathrm{H}_n(iv) \qquad \text{avec} \qquad i = \sqrt{-1}.$$

Les relations simples

$$\mathcal{V}_n(-v) = (-1)^n \mathcal{V}_n(v), \qquad \mathcal{H}_n(-v) = (-1)^n \mathcal{H}_n(v),$$
$$\mathcal{V}_{-n-1}(v) = (-1)^{n-1} \mathcal{V}_{n-1}(v), \qquad \mathcal{H}_{-n}(v) = (-1)^n \mathcal{H}_n(v),$$

permettent de borner leur étude à v et n positifs. On a d'ailleurs $\mathcal{V}_{-1} = 0$.

Parmi les nombreuses identités auxquelles conduisent ces polynomes, il convient de citer

$$\mathcal{H}_n^2(v) - (v^2+4)\mathcal{V}_{n-1}^2(v) = 4(-1)^n, \qquad \mathcal{V}_n^2(v) - v\mathcal{V}_n(v)\mathcal{V}_{n-1}(v) - \mathcal{V}_{n-1}^2(v) = (-1)^n,$$
$$\mathcal{H}_n^2(v) - v\mathcal{H}_n(v)\mathcal{H}_{n-1}(v) - \mathcal{H}_{n-1}^2(v) = (-1)^n(v^2+4),$$

qui mettent en évidence des solutions en nombres entiers de quelques équations de la forme $ax^2 + bxy + cy^2 = m$.

---

(1) Voir *Annales de Physique*, 9e série, p. 58 à 95.

(2) Voir *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 880.

(3) Voir *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 139 et 204.

Leurs équations différentielles sont

$$n(n+2)\mathcal{V}_n(\rho) = 3\rho\frac{d\mathcal{V}_n(\rho)}{d\rho} + (\rho^2+4)\frac{d^2\mathcal{V}_n(\rho)}{d\rho^2},$$

$$n^2\mathcal{H}_n(\rho) = \rho\frac{d\mathcal{H}_n(\rho)}{d\rho} + (\rho^2+4)\frac{d^2\mathcal{H}_n(\rho)}{d\rho^2}, \qquad \frac{d\mathcal{H}_n(\rho)}{d\rho} = n\mathcal{V}_{n-1}(\rho).$$

Les fonctions génératrices sont les suivantes :

$$(1-\rho z - z^2)^{-1} = \mathcal{V}_0 + \mathcal{V}_1 z + \mathcal{V}_2 z^2 + \ldots + \mathcal{V}_n z^n + \ldots,$$
$$(1+z^2)(1-\rho z - z^2)^{-1} = 1 + \mathcal{H}_1 z + \mathcal{H}_2 z^2 + \ldots + \mathcal{H}_n z^n + \ldots.$$

II. On démontre facilement de proche en proche l'identité

$$\left(\frac{\rho}{2} + \sqrt{\frac{\rho^2}{4}+1}\right)^n = \frac{1}{2}\mathcal{H}_n(\rho) + \mathcal{V}_{n-1}(\rho)\sqrt{\frac{\rho^2}{4}+1},$$

qu'on peut écrire

$$(\alpha' + \sqrt{\alpha'^2+1})^n = \frac{1}{2}\mathcal{H}_n(2\alpha') + \mathcal{V}_{n-1}(2\alpha')\sqrt{\alpha'^2+1}.$$

Soit alors une équation $X^2 - DY^2 = -1$, supposée résoluble en nombres entiers et admettant (α', β') comme solution fondamentale; on a

$$\sqrt{\alpha'^2+1} = \beta'\sqrt{D},$$

donc toute solution positive (X, Y) de cette équation prend la forme

$$X = \frac{1}{2}\mathcal{H}_{2n+1}(2\alpha'), \qquad Y = \beta'\mathcal{V}_{2n}(2\alpha'),$$

tandis que toute solution positive de l'équation de Pell, $X^2 - DY^2 = 1$, est donnée par

$$X = \frac{1}{2}\mathcal{H}_{2n}(2\alpha'), \qquad Y = \beta'\mathcal{V}_{2n-1}(2\alpha').$$

En particulier, la solution fondamentale de cette dernière s'écrit

$$\alpha = 2\alpha'^2 + 1, \qquad \beta = 2\alpha'\beta',$$

expressions connues [1] qui fournissent d'ailleurs des conditions de possibilité pour l'équation $X^2 - DY^2 = -1$.

L'identité (1) conduit à beaucoup d'autres, celles-ci, par exemple,

$$\mathcal{H}_{(2n+1)p}(\rho) = \mathcal{H}_p[\mathcal{H}_{2n+1}(\rho)]; \qquad \mathcal{V}_{(2n+1)p-1}(\rho) = \mathcal{V}_{2n}(\rho)\,\mathcal{V}_{p-1}[\mathcal{H}_{2n+1}(\rho)]; \qquad \ldots,$$
$$\mathcal{H}_{2np}(\rho) = H_p[\mathcal{H}_{2n}(\rho)]; \qquad \mathcal{V}_{2np-1}(\rho) = \mathcal{V}_{2n-1}(\rho)\,U_{p-1}[\mathcal{H}_{2n}(\rho)]; \qquad \ldots,$$

---

[1] Voir, par exemple, *Théorie des nombres* de Legendre, 1re partie, p. 59.

qui donnent des conséquences relatives à la divisibilité de ces polynomes entre eux.

Le changement de variable $v = \rho - \frac{1}{\rho}$ donne les expressions

$$\mathcal{V}_n(v) = \frac{\rho^{2n+2} + (-1)^n}{\rho^n(\rho^2+1)} = \frac{\rho^{n+1} - \left(-\frac{1}{\rho}\right)^{n+1}}{\rho + \frac{1}{\rho}} \qquad \text{et} \qquad \mathcal{H}_n(v) = \rho^n + \left(-\frac{1}{\rho}\right)^n,$$

d'où, en tenant compte de $\rho = \frac{v}{2} + \sqrt{\frac{v^2}{4} + 1}$ et $-\frac{1}{\rho} = \frac{v}{2} - \sqrt{\frac{v^2}{4} + 1}$, on déduit

$$\mathcal{V}_n(v) = \frac{\left(\frac{v}{2} + \sqrt{\frac{v^2}{4}+1}\right)^{n+1} - \left(\frac{v}{2} - \sqrt{\frac{v^2}{4}+1}\right)^{n+1}}{2\sqrt{\frac{v^2}{4}+1}};$$

$$\mathcal{H}_n(v) = \left(\frac{v}{2} + \sqrt{\frac{v^2}{4}+1}\right)^n + \left(\frac{v}{2} - \sqrt{\frac{v^2}{4}+1}\right)^n.$$

Enfin, en posant $\rho = e^\varphi$, c'est-à-dire $v = 2\,\mathrm{sh}\,\varphi$, on parvient aux expressions

$$\mathcal{V}_{2n}(v) = \frac{\mathrm{ch}(2n+1)\varphi}{\mathrm{ch}\,\varphi}; \qquad \mathcal{H}_{2n}(v) = 2\,\mathrm{ch}\,2n\varphi;$$

$$\mathcal{V}_{2n-1}(v) = \frac{\mathrm{sh}\,2n\varphi}{\mathrm{ch}\,\varphi}; \qquad \mathcal{H}_{2n-1}(v) = 2\,\mathrm{sh}(2n-1)\varphi,$$

qui sont comparables à celles de $U_n(v)$ et $H_n(v)$ lorsqu'on y fait $v = 2\cos\varphi$.

GÉOMÉTRIE ANALYTIQUE. — *Sur l'autogénération des courbes.* Note de M. N. **Abramesco**, présentée par M. Appell.

Une courbe plane étant déterminée par un nombre donné de points, nous allons exposer dans ce qui suit une méthode pour trouver la position d'un point quelconque de la courbe à l'aide de ces points et d'un paramètre variable réel; en un mot, de trouver une équation autogénératrice de la courbe.

Pour une droite déterminée par les points (x_1, y_1), (x_2, y_2), un point quelconque est donné par l'expression

$$z = \frac{z_1 + \lambda z_2}{1 + \lambda}, \qquad z = x + iy,$$

indépendante de l'origine des axes, λ étant un paramètre variable réel.

Pour un cercle, considérons la droite définie par les points Z_1, Z_2, dont l'équation autogénératrice est

$$(1) \qquad Z = \frac{Z_1 + \lambda Z_2}{1 + \lambda}, \qquad Z = X + iY,$$

et faisons la transformation $zZ = 1$, $z = x + iy$. Le point z décrira un cercle passant par l'origine et par les points z_1, z_2, transformés des points Z_1, Z_2. Remplaçant en (1) Z par $\frac{1}{z}$, on obtient

$$\frac{z_1 - z}{z - z_2} = \lambda \frac{z_1}{z_2}.$$

Prenons une origine arbitraire, ou, ce qui revient au même, remplaçons z par $z - z_0$, z_0 étant la position de l'ancienne origine par rapport à la nouvelle, l'équation autogénératrice du cercle, défini par les points z_0, z_1, z_2, est

$$(2) \qquad \frac{z_1 - z}{z - z_2} = \lambda \frac{z_1 - z_0}{z_2 - z_0}, \qquad z = \frac{z_1(z_2 - z_0) + \lambda z_2(z_1 - z_0)}{z_2 - z_0 + \lambda(z_1 - z_0)},$$

λ étant un paramètre variable réel.

Considérons une courbe (C) à simple connexion. On peut, à l'aide d'une représentation conforme,

$$(3) \qquad z = f(Z), \qquad Z = \varphi(z),$$

faire correspondre à chaque point z de la courbe (C) du plan z, un point Z du cercle (γ) de rayon R dans le plan Z, et réciproquement. Or, nous avons vu qu'un point Z du cercle (γ), défini par les points Z_0, Z_1, Z_2, est donné par la formule (2),

$$Z = \frac{Z_1(Z_2 - Z_0) + \lambda Z_2(Z_1 - Z_0)}{Z_2 - Z_0 + \lambda(Z_1 - Z_0)},$$

où, en remplaçant Z_0, Z_1, Z_2 avec la relation $Z = \varphi(z)$, on trouve

$$Z = \frac{\alpha + \lambda\beta}{\gamma + \lambda\delta},$$

λ étant un paramètre variable réel et α, β, γ, δ des fonctions de z_0, z_1, z_2, qui correspondent à Z_0, Z_1, Z_2 avec la transformation (3).

Remplaçant Z en (3), on obtient

$$z = f\left(\frac{\alpha + \lambda\beta}{\gamma + \lambda\delta}\right),$$

qui est l'équation autogénératrice de la courbe (C), λ étant un paramètre variable réel, ainsi que, à chaque valeur de λ, correspond un point déterminé de la courbe (C).

Exemples. — Dans le cas de l'ellipse de foyers -1 et $+1$, on a

$$z = f(Z) = \frac{1}{2}\left(Z + \frac{1}{Z}\right), \qquad Z = \varphi(z) = z - \sqrt{z^2 - 1}; \qquad |Z| = R.$$

Pour un ovale de Cassini, $|z - 1||z + 1| = \text{const.}$, il correspond

$$z = f(Z) = \frac{1}{Z}\sqrt{1 + Z^2}, \qquad Z = \frac{1}{\sqrt{z^2 - 1}}; \qquad |Z| = R \neq 1.$$

Remarque. — Dans l'espace à trois dimensions l'autogénération des surfaces n'est pas possible, mais dans l'espace à quatre dimensions le problème analogue peut être résolu à l'aide des quaternions.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la croissance des fonctions entières d'ordre fini, et leurs valeurs exceptionnelles dans des angles.* Note de M. **Henri Milloux**, présentée par M. Émile Borel.

1. Rappelons d'abord et précisons quelques définitions : une fonction $f(z)$ holomorphe dans un angle de sommet O est dite d'ordre ρ dans cet angle si, étant donnée une constante positive ε arbitrairement petite, les deux inégalités

$$|f(z)| < e^{|z|^{\rho+\varepsilon}}, \qquad |f(z)| > e^{|z|^{\rho-\varepsilon}}$$

sont vérifiées, la première à partir d'une certaine valeur de $|z|$, la deuxième pour une suite de points z intérieurs à l'angle, et tendant vers l'infini. La définition s'étend à l'ordre d'une fonction sur une demi-droite, ou sur une courbe.

Je dirai qu'une fonction $f(z)$ est *effectivement* d'ordre ρ dans l'angle A si, outre les conditions imposées plus haut, cette fonction est d'ordre ρ dans un angle de même sommet, intérieur à A.

Ceci posé, en m'appuyant sur le principe de MM. Phragmèn et Lindelöf, j'ai démontré les propositions suivantes :

I. *Si une fonction est holomorphe et d'ordre ρ dans un angle* A, *et d'ordre inférieur à ρ sur les côtés de cet angle, l'ouverture de l'angle* A *est supérieure ou égale à* $\frac{\pi}{\rho}$.

II. *Soit une fonction entière $f(z)$ d'ordre ρ supérieur ou égal à $\frac{1}{2}$: il existe un angle α de sommet O et d'ouverture $\frac{\pi}{\rho}$, tel que sur toute demi-droite issue de O et intérieure à l'angle α, la fonction $f(z)$ est d'ordre ρ.*

Ce résultat est le plus précis que l'on puisse obtenir dans le cas général, parce qu'il existe des fonctions $f(z)$ possédant un seul angle α; par exemple les fonctions de M. Mittag-Leffler :

$$f(z) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{z^n}{\Gamma\left(1 + \frac{n}{\rho}\right)}.$$

On peut apporter, dans certains cas, les précisions suivantes : lorsque la fonction $f(z)$ est d'ordre inférieur à ρ sur une demi-droite issue de O, aussi voisine que l'on veut d'un côté de l'angle α, ou sur ce côté lui-même, cette fonction est d'ordre ρ sur toute courbe intérieure à tout angle intérieur à α. Lorsque la fonction $f(z)$ est d'ordre inférieur à ρ sur les deux côtés de l'angle α, ou à un nombre inférieur à ρ sur deux demi-droites aussi voisines que l'on veut de ces côtés, cette fonction est à croissance régulière.

III. Une généralisation de la proposition II est la suivante : soit C une courbe s'éloignant indéfiniment; et soit $C(\beta)$ la courbe qu'on obtient en faisant tourner C de l'angle β autour du point O. Il existe un nombre β_0 tel que, pour les valeurs de β comprises entre β_0 et $\beta_0 + \frac{\pi}{\rho}$, la fonction $f(z)$ est d'ordre ρ sur toute courbe $C(\beta)$.

2. Soit $f(z)$ une fonction holomorphe et effectivement d'ordre ρ dans un angle A. M. G. Valiron a démontré [1] que si l'ouverture θ de l'angle A est supérieure à $\frac{\pi}{\rho}$, la fonction $f(z)$ prend une infinité de fois toute valeur, sauf une au plus.

J'apporte à ce théorème des précisions dans les cas suivants : si $f(z)$ est bornée sur une courbe intérieure à un angle intérieur à l'angle A, et de même sommet; ou si $f(z)$ tend vers l'infini sur une telle courbe; ou si $f(z)$ est d'ordre inférieur ou égal à $\frac{\pi}{\theta}$ sur les côtés de l'angle A. Dans ces cas, la famille de fonctions $f_n(z) = f(\sigma^n z)$, où σ est un nombre positif inférieur à 1, ne peut être normale dans l'angle A, et il existe un angle intérieur à

[1] *Bulletin des Sciences mathématiques*, 2e série, t. 44, mai 1920.

l'angle A, d'ouverture arbitrairement petite, dans lequel $f(z)$ prend une infinité de fois toute valeur, sauf une au plus.

J'apporte également au théorème de M. G. Valiron le complément suivant :

IV. *Soit une fonction $f(z)$ holomorphe et effectivement d'ordre ρ dans un angle* A *de sommet* O *et d'ouverture supérieure à $\frac{\pi}{\rho}$. Si $f(z)$ ne prend pas, dans l'angle* A, *la valeur a, la fonction $\frac{1}{f(z)-a}$ est effectivement d'ordre ρ dans un angle intérieur à l'angle* A, *et suffisamment voisin de celui-ci.*

Une proposition analogue est valable pour les fonctions d'ordre infini.

Le théorème de M. G. Valiron s'applique aux fonctions entières d'ordre fini et supérieur à $\frac{1}{2}$. De ce théorème et de ma proposition II, on déduit le thèorème suivant :

V. *Dans tout angle* A *d'ouverture supérieure à $\frac{\pi}{\rho}$, de sommet* O, *et ayant une partie commune avec l'angle α, dont il est question dans la proposition II, la fonction $f(z)$ prend une infinité de fois toute valeur, sauf une au plus.*

Ce théorème comprend, comme cas particulier, un théorème récent de M. Bieberbach [1], qui a apporté au théorème de M. Picard, dans le cas des fonctions entières $f(z)$ d'ordre fini ρ supérieur à $\frac{1}{2}$, l'important complément suivant :

Dans tout angle supérieur au plus grand des deux nombres $\frac{\pi}{\rho}$, $\pi\left(2-\frac{1}{\rho}\right)$, la fonction $f(z)$ prend une infinité de fois toute valeur, sauf une au plus.

Le théorème V montre l'existence, dans le cas où ρ est supérieur à 1, de deux angles de sommet O et sans partie commune, dans chacun desquels la fonction $f(z)$ ne peut avoir qu'une valeur exceptionnelle.

MÉCANIQUE. — *Sur le pendule de longueur variable.*

Note de M. **Kyrille Popoff**, présentée par M. Hadamard.

Dans un Mémoire intéressant sur le pendule de longueur variable publié dans les *Acta mathematica*, t. 19, 1895, M. Léon Lecornu étudie le mouve-

---

(1) L. Bieberbach, *Über eine Vertiefung des Picardschen Satzes bei ganzen Funktionen endlicher Ordnung* (*Mathematische Zeitschrift*, 3. Band, 1919, p. 175).

ment d'un pendule dont la longueur l est une fonction linéaire du temps $t(l = a + bt)$. Nous voulons démontrer ici une propriété intéressante de ce pendule qui découle presque immédiatement du théorème de H. Poincaré dont nous avons fait usage dans notre Note sur l'intégration des équations de la balistique [1]. Nous laisserons de côté la question de la convergence des séries, qui peuvent être traitées de la même façon que les séries de la balistique, pour insister cette fois sur une propriété géométrique qui est commune aussi aux courbes balistiques et que nous avons passée sous silence dans la Note citée.

Nous choisirons le point de suspension comme l'origine d'un système d'axes, dont l'axe des y est la verticale descendante et l'axe des x fait un angle α égal à l'écart du pendule à l'origine des temps ($t = 0$). Nous supposerons que pour $t = 0$ la vitesse angulaire du pendule est nulle. En désignant par θ l'angle d'écart au moment t et par T la tension du fil, les équations du mouvement seront

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \mathrm{T}\frac{x}{l} = 0, \qquad \frac{d^2y}{dt^2} + \mathrm{T}\frac{y}{l} - g = 0$$

avec les conditions initiales

$$t = 0, \qquad x = a, \qquad y = 0, \qquad x' = b, \qquad y' = 0.$$

La valeur de la tension est égale à la composante de la pesanteur suivant le fil, augmentée de la force centrifuge et diminuée de la force d'inertie due au glissement, qui dans ce cas est nulle puisque $\frac{d^2l}{dt^2} = 0$. On a, par conséquent,

$$\mathrm{T} = g\cos\theta + l\left(\frac{d\theta}{dt}\right)^2,$$

ce qu'on peut mettre sous la forme

$$\mathrm{T} = \frac{x'^2 + y'^2 + 2x'y'\cos\alpha}{l} + g\cos\theta - \frac{b^2}{l} = \frac{(x' + y')^2 - b^2}{l} + g\cos\theta - \frac{4x'y'}{l}\sin^2\frac{\alpha}{2},$$

puisqu'on a

$$l^2\left(\frac{d\theta}{dt}\right)^2 + b^2 = \rho^2 = x'^2 + y'^2 + 2x'y'\cos\alpha.$$

On aura une première approximation du mouvement en négligeant le terme $\frac{4x'y'}{l}\sin^2\frac{\alpha}{2}$ dans l'expression de T. En choisissant l comme variable

(1) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 337.

indépendante, ce qui revient à mesurer le temps sur la longueur du pendule, on aura les équations réduites suivantes :

$$\frac{d^2x}{dt^2}+\frac{x}{l}\left[\frac{(x'+y')^2-1}{l}+\frac{g}{b^2}\cos\theta\right] \qquad = 0,$$

$$\frac{d^2y}{dt^2}+\frac{y}{l}\left[\frac{(x'+y')^2-1}{l}+\frac{g}{b^2}\cos\theta\right]-\frac{g}{b^2}=0,$$

où

$$\cos\theta=\frac{l^2-x^2+y^2}{2ly},$$

avec les conditions initiales

$$l=a,\qquad x=a,\qquad y=0,\qquad x'=b,\qquad y'=0.$$

On voit ainsi que, dans une première approximation, x, y, x' et y' ne dépendent pas de l'angle α, qui ne figure ni dans les équations différentielles, ni dans les conditions initiales. De là s'ensuit la propriété simple d'affinité de l'hodographe et de la courbe décrite par le point pesant du pendule. Imaginons que les axes et les droites parallèles aux axes qui passent par le point mobile et le point représentatif de la vitesse soient matérielles et articulées de façon qu'on peut changer l'angle α. Les déformations que ce système articulé peut subir transformeront l'hodographe et la trajectoire du point, de façon qu'on obtiendrait ainsi les courbes qui correspondent pour les conditions initiales ci-dessus et pour les différentes valeurs de α. Ce système articulé définit ainsi un groupe de transformations affines du mouvement du pendule en première approximation.

La considération du terme $-\frac{4x'y'}{l}\sin^2\frac{\alpha}{2}$ conduit, d'après le théorème de Poincaré, aux développements suivants de x et de y,

$$x=f_0(t)+f_1(t)\sin^2\frac{\alpha}{2}+f_2(t)\sin^4\frac{\alpha}{2}+\ldots,$$

$$y=\varphi_0(t)+\varphi_1(t)\sin^2\frac{\alpha}{2}+\varphi_2(t)\sin^4\frac{\alpha}{2}+\ldots,$$

et à des développements analogues pour x' et y'.

Nous voulons faire ici une remarque, dont l'intérêt nous paraît dépasser les limites de la question qui nous occupe. On sait que l'amplitude du pendule augmente quand sa longueur diminue. Par conséquent, pour étudier le mouvement pour des valeurs de t, où les écarts peuvent être considérables, on peut choisir, pour l'origine du temps, un moment assez reculé pour que $\frac{4x'y'}{l'}\sin^2\frac{\alpha}{2}$ soit petit. C'est M. Andoyer qui a montré, par

exemple, que, dans la théorie des planètes caractéristiques, le choix de l'époque n'est pas sans intérêt. Dans le cas qui nous occupe, les formules gagnent en précision, au moins théoriquement, en les rapportant à une époque assez reculée.

MÉCANIQUE. — *Sur le problème intérieur de Schwarzschild, dans le cas d'une sphère hétérogène.* Note de M. **J. Haag**, présentée par M. Brillouin.

Dans les *Comptes rendus* du 19 juin 1922, M. Brillouin a traité ce problème, en considérant la sphère comme limite d'une sphère fluide composée de couches concentriques homogènes, dont l'épaisseur tend vers zéro [1]. Voici une solution directe et, en même temps, une généralisation, où j'ai essayé de m'affranchir de la restriction de la fluidité.

Je considère une *sphère solide isotrope*, de centre O. En un point M quelconque de cette sphère, la quadrique directrice des tensions est nécessairement de révolution autour de OM; autrement dit, les tensions principales perpendiculaires à OM sont égales; je désignerai leur valeur commune par $-q$, la tension suivant OM étant $-p$. Dans le cas de la sphère fluide, $q = p =$ pression en M.

Je prend le ds^2 sous la forme [2]

$$ds^2 = -e^\lambda dr^2 - r^2(d\theta^2 + \sin^2\theta\, d\varphi^2) + e^\nu dt^2, \tag{1}$$

λ et ν étant des fonctions de r. J'appelle ρ la densité et je la suppose, ainsi que p et q, fonction de r seulement. Enfin, j'appelle a le *pseudo-rayon* de la sphère, c'est-à-dire la valeur que prend r à sa surface.

Les composantes mixtes du tenseur matériel sont $-p$, $-q$, $-q$, ρ. On en déduit les équations de la gravitation, pour $r < a$:

$$\frac{\nu''}{2} + \frac{\nu'}{4}(\nu' - \lambda') - \frac{\lambda'}{r} = 4\pi e^\lambda(2q - p - \rho), \tag{2}$$

$$\nu' - \lambda' + \frac{2}{r} = \frac{2}{r}e^\lambda[1 + 4\pi r^2(p - \rho)], \tag{3}$$

$$\frac{\nu''}{2} + \frac{\nu'}{4}(\nu' - \lambda') + \frac{\nu'}{r} = 4\pi e^\lambda(p + 2q + \rho), \tag{4}$$

---

(1) Voir aussi une solution directe dans Th. de Donder, *Premiers compléments de la gravifique einsteinienne* (Gauthier-Villars, 1922), Complément IV, p. 26.

(2) Cf. Becquerel, *Le principe de la relativité*, p. 244.

où l'on a pris pour unités la vitesse de la lumière et la constante de la gravitation.

D'autre part, si l'on annule la divergence du tenseur matériel, on obtient l'unique équation

$$p' + \frac{p+\rho}{2}\nu' + 2\frac{p-q}{r} = 0. \tag{5}$$

De (2) et (4), on tire, par addition et soustraction,

$$\nu'' + (\nu' - \lambda')\left(\frac{\nu'}{2} + \frac{1}{r}\right) = 16\pi q\, e^{\lambda}, \tag{6}$$

$$\nu' + \lambda' = 8\pi r(p+\rho)e^{\lambda}. \tag{7}$$

En combinant de la même manière (3) et (7), on a

$$\nu' = \frac{e^{\lambda}-1}{r} + 8\pi e^{\lambda} r p, \tag{8}$$

$$\lambda' = \frac{1-e^{\lambda}}{r} + 8\pi e^{\lambda} r \rho. \tag{9}$$

En portant dans (6), on retrouve (5), comme il fallait s'y attendre. Il nous reste donc, en définitive, le système (5), (8), (9).

Si l'on suppose connue la fonction ρ, l'équation (9), qui est linéaire en $e^{-\lambda} = x$, admet pour intégrale, non infinie pour $r = 0$,

$$x = 1 - \frac{2\mu}{r}, \tag{10}$$

en posant [1]

$$\mu = \int_0^r 4\pi\rho r^2\, dr.$$

Il nous reste maintenant les deux équations (5) et (8), pour déterminer les trois fonctions inconnues ν, p et q. Si l'on ne fait pas d'hypothèse supplémentaire, le problème est indéterminé. On peut, par exemple, choisir arbitrairement ν; (8) donne p; puis (5) donne q. Mais, au point de vue physique, cette manière de lever l'indétermination n'a évidemment aucun sens. Il faudrait trouver la loi de Hooke de la relativité.

L'hypothèse la plus simple est celle du fluide, c'est-à-dire $p = q$. On

---

(1) Cette quantité est la *pseudo-masse* de la sphère de centre O et de pseudo-rayon r. La masse véritable est

$$\int_0^r \frac{4\pi\rho r^2}{\sqrt{x}}\, dr.$$

retombe alors sur le problème traité par M. Brillouin. En éliminant ν' entre (5) et (8), on obtient une équation de Riccati en p. Pour la simplifier, on est conduit à poser

$$(p+\rho)\sqrt{x}=z. \tag{11}$$

Elle devient alors

$$z'+\frac{4\pi r z^2}{x^{\frac{3}{2}}}=\rho'\sqrt{x}.$$

Il faut trouver la solution qui, pour $r=a$, prend la valeur $\rho_a\sqrt{1-\frac{2m}{a}}$, m désignant la pseudo-masse de la sphère. Ayant z, on a p par (11); puis ν par (7), qui devient, en intégrant,

$$\nu+\lambda=8\pi\int_a^r\frac{zr\,dr}{x^{\frac{3}{2}}}. \tag{13}$$

Il est facile de ramener cette solution à celle de M. Brillouin. En comparant son équation (9) et mon équation (11), on a $\frac{\gamma'}{\gamma}$ en fonction de z; en portant dans son équation (6), on retrouve mon équation (12). Il est ensuite très facile d'identifier mon équation (13) avec l'équation (8) de M. Brillouin.

Quand la densité ρ est constante, $\rho'=0$, l'équation (12) s'intègre et l'on retrouve immédiatement la solution de Schwarzschild, sous la forme (2) donnée par M. Brillouin.

Si l'on se donne la loi de compressibilité, cela équivaut à poser

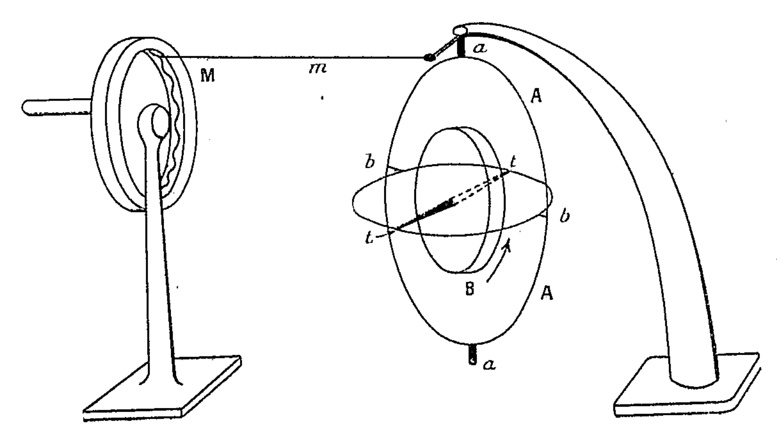
$$p+\rho=\varphi(p), \tag{14}$$

φ étant une fonction connue. En éliminant ν, λ, ρ, on aboutit à l'équation compliquée

$$p''r\varphi(1+8\pi r^2p)+4\pi r\varphi^2(\varphi+2p)$$
$$+2p'\varphi(1-6\pi r^2\varphi)-rp'^2[(\varphi'+2)(1+8\pi r^2p)-8\pi r^2\varphi]=0.$$

MÉCANIQUE. — *Sur les analogies gyroscopiques des machines électriques synchrones et asynchrones et sur la transposition en mécanique de certains diagrammes de l'électrotechnique.* Note [1] de M. B. SALOMON, présentée par M. Rateau.

1. Des calculs faciles établissent une grande analogie entre un vieil appareil dont Hirn et Gruey se disputèrent jadis la priorité et le moteur synchrone ou l'alternateur.



Un anneau A, mobile autour de l'axe vertical *aa*, porte, suivant un diamètre *bb*, un anneau B qui tourne autour de *bb*. L'anneau B porte un gyroscope dont l'axe *tt* est perpendiculaire à *bb*. Un mécanisme simple permet de faire vibrer l'anneau A, ce qui peut provoquer la rotation rapide de l'anneau B.

Inversement, la rotation de B provoque ces vibrations. Le calcul montre que cet appareil transpose mécaniquement le moteur synchrone ou l'alternateur.

Voici quelques résultats dans le cas particulièrement simple où l'ellipsoïde d'inertie du gyroscope est une sphère. On a alors

$$W = A\theta'' + A\varphi'\psi' \sin\theta,$$
$$K = (A + P)\psi'' + \frac{d}{dt}(A\varphi' \cos\theta),$$
$$\varphi' = r - \psi' \cos\theta,$$

avec les notations d'Euler. Le terme P représente l'inertie des masses exté-

(1) Séance du 26 février 1923.

rieures au gyroscope entraînées dans l'oscillation de vitesse ψ'. Les travaux élémentaires d'origine extérieure sont $K\,d\psi + W\,d\theta$.

Si l'on suppose $K = -R\psi'$, et si l'on fait l'approximation $\varphi' = r$, on obtient l'équation

$$(A + P)\psi'' + R\psi' = A r \theta' \sin\theta,$$

qui correspond terme à terme à une équation bien connue des électriciens, et qui conduit à des formules se déduisant simplement de celles de l'électrotechnique, en remplaçant le flux par le moment cinétique Ar du gyroscope, la force électromotrice maxima par le couple maximum $Ar\omega$ appliqué à l'équipage oscillant, le courant alternatif par la vitesse d'oscillation ψ', la self-induction totale du circuit par la somme de moments d'inertie $A + P$.

Si l'on définit, par analogie, le couple efficace C_{eff} (appliqué à l'équipage oscillant) et la vitesse d'oscillation efficace ψ'_{eff}, on trouve aisément, pour valeur de la puissance, l'expression $C_{\text{eff}}\psi'_{\text{eff}}\cos\varphi$, avec

$$\cos\varphi = \frac{R}{\sqrt{(A+P)^2\omega^2 + R^2}} \qquad \text{pour } \theta' = \omega = \text{const.},$$

la quantité $Z = \sqrt{(A+P)^2\omega^2 + R^2}$ jouant le rôle d'une « impédance mécanique ».

On peut d'ailleurs pousser beaucoup plus loin l'analogie. Par exemple, le terme $\psi'\cos\theta$ qui intervient dans l'expression $\varphi' = r - \psi'\cos\theta$ de la vitesse de rotation propre joue le rôle d'une véritable réaction d'induit.

Autre exemple : on peut réunir par une bielle un appareil Gruey-Hirn marchant en alternateur (c'est-à-dire produisant des oscillations) et un appareil semblable marchant en moteur synchrone. Toutes les questions de stabilité et de puissance pourront se traiter en transposant les méthodes données en électricité par M. Blondel.

De même encore, on pourra étudier le couplage de deux appareils gyroscopiques marchant en alternateurs, c'est-à-dire produisant des oscillations, par analogie avec les alternateurs électriques.

On peut largement généraliser, les phénomènes gyroscopiques donnant l'analogie de l'induction mutuelle, et les couples et vitesses imaginaires transposant les forces électromotrices et intensités imaginaires.

2. Nous étudions des transmissions gyroscopiques dérivant plus ou moins directement de l'appareil décrit ci-dessus et présentant tous les caractères essentiels d'un moteur asynchrone. Au courant induit dans le rotor correspond une certaine vitesse d'oscillation. Ces mouvements d'os-

cillation peuvent être amortis par un frein qui correspond au rhéostat d'un moteur à bagues, ou encore transmis à un autre « élément gyroscopique asynchrone », ce qui donne *des couplages en cascade* tout à fait analogues à ceux de l'électrotechnique et permettant de réaliser, sans complication mécanique, avec un très petit nombre d'éléments gyroscopiques un nombre beaucoup plus grand de points de synchronisme, le passage d'un point à l'autre se faisant d'une façon tout à fait progressive.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur un appareil donnant la direction instantanée du vent.* Note de MM. **Huguenard**, **Magnan** et **A. Planiol**, présentée par M. G. Kœnigs.

Les études entreprises pour déterminer le mécanisme du vol à voile ont eu pour premier résultat de mettre en évidence l'importance primordiale qu'il y avait à être fixé de façon nette sur la nature et la structure des vents.

A l'heure actuelle, on possède des renseignements sur la vitesse instantanée du vent. Nous avons nous-mêmes imaginé un anémomètre à fil chaud avec compensation, susceptible de donner avec exactitude l'amplitude et la période des variations de vitesse du vent et d'enregistrer des pulsations de durée inférieure au $\frac{1}{10}$ de seconde. Par contre, en ce qui concerne les variations de la direction instantanée du vent, on n'a présentement que des données très vagues, faute de moyens d'investigation suffisants.

Or de telles données sur la vitesse et la direction sont indispensables à connaître pour la pratique du vol à voile, par vent horizontal en particulier, car c'est de leur connaissance qu'on peut espérer tirer les éléments nécessaires pour calculer l'énergie contenue dans le vent et utilisable par un oiseau ou un avion voilier.

Dans le but de savoir tout d'abord s'il existait, réellement et non théoriquement, des variations dans la direction instantanée du vent et d'obtenir des éléments pour une étude précise sur le vol à voile, nous avons cherché à réaliser un appareil doué d'une très grande sensibilité et aussi d'une inertie très faible et nous y sommes parvenus par une méthode nouvelle, qui, bien qu'ayant encore besoin d'être perfectionnée, nous a donné des résultats très concluants.

L'appareil comporte deux dérivations D_1 et D_2 (*fig.* 1) du même circuit d'une source électrique B, comprenant toutes deux les enroulements d'un galvanomètre. Un fil de platine de $0^{mm},05$ de diamètre et de 3^{cm} de long est

monté dans chacune de ces dérivations et chauffé électriquement, les deux fils F_1 et F_2 étant fixés à proximité d'un volet en bois O faisant obstacle au passage du courant d'air. Lorsque la direction de celui-ci est dans le plan de symétrie de l'appareil, les deux fils sont également refroidis et le galvanomètre marque zéro. Au contraire, dès que la direction du vent sort du plan de symétrie, l'écoulement des filets aériens ne se fait plus de la même façon. Il s'ensuit qu'un des fils se trouve davantage protégé contre le vent et moins refroidi que l'autre.

Par conséquent, les résistances des deux fils ne sont plus égales et le galvanomètre donne alors une indication particulière qui renseigne sur la direction prise par le courant d'air et sur la valeur de l'inclinaison de cette direction par rapport au plan de symétrie de l'appareil.

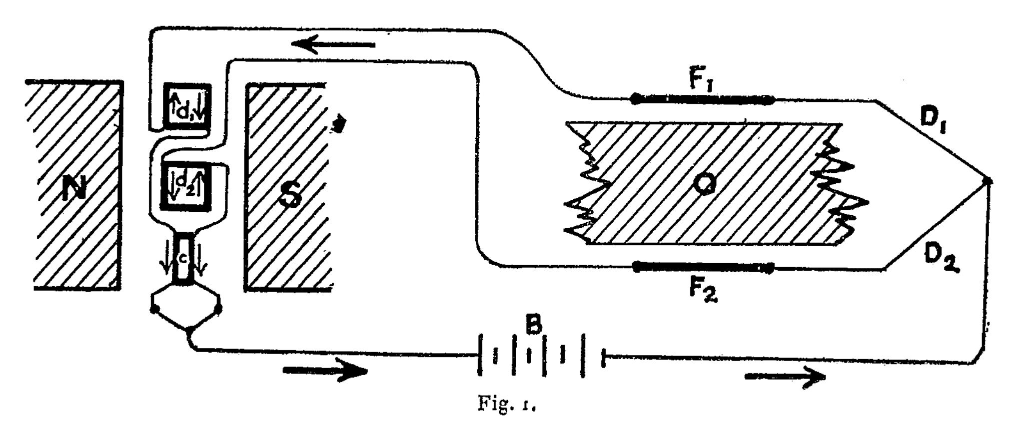


Fig. 1.

Mais de telles indications seraient insignifiantes si celles-ci dépendaient de la vitesse instantanée du courant d'air. Il était donc nécessaire d'en assurer l'indépendance vis-à-vis de la vitesse, lorsque celle-ci varie sans que change la direction du vent. En effet, si la vitesse du vent s'accroît sans changement de direction, la différence des intensités $i_1 - i_2$ des courants électriques qui passent respectivement dans les fils F_1 et F_2 s'accroît aussi. Nous avons pu cependant tourner cette difficulté en imaginant un type de cadre particulier.

Le courant qui traverse le fil F_1 passe dans un premier enroulement d_1 d'un galvanomètre différentiel, puis dans une des moitiés d'un cadre compensateur c monté sur le même axe que le cadre du galvanomètre différentiel (*fig.* 1). Le fil F_2 placé sur l'autre dérivation est traversé par un courant qui passe ensuite dans le second enroulement d_2 du galvanomètre différentiel, puis dans la seconde moitié du cadre compensateur c (*fig.* 1).

Celui-ci a pour objet d'empêcher qu'à un accroissement de vitesse du vent corresponde un accroissement de déviation des cadres entraînant un changement d'indication de direction. En effet, ce cadre étant parcouru par la somme des courants $i_1 + i_2$ donne un accroissement du couple de rappel résultant de sa présence dans le champ magnétique lorsque ces deux courants augmentent par suite du refroidissement des fils chauds. Il résulte de cette augmentation du couple de rappel qu'il est possible d'annuler par ce moyen l'augmentation du couple fournie par les deux cadres différentiels, d_1 et d_2.

Nous avons pu, grâce à cet appareil, obtenir des enregistrements de la direction instantanée du vent et en même temps de la vitesse instantanée du vent par l'emploi simultané de l'appareil à deux fils chauds qui fait

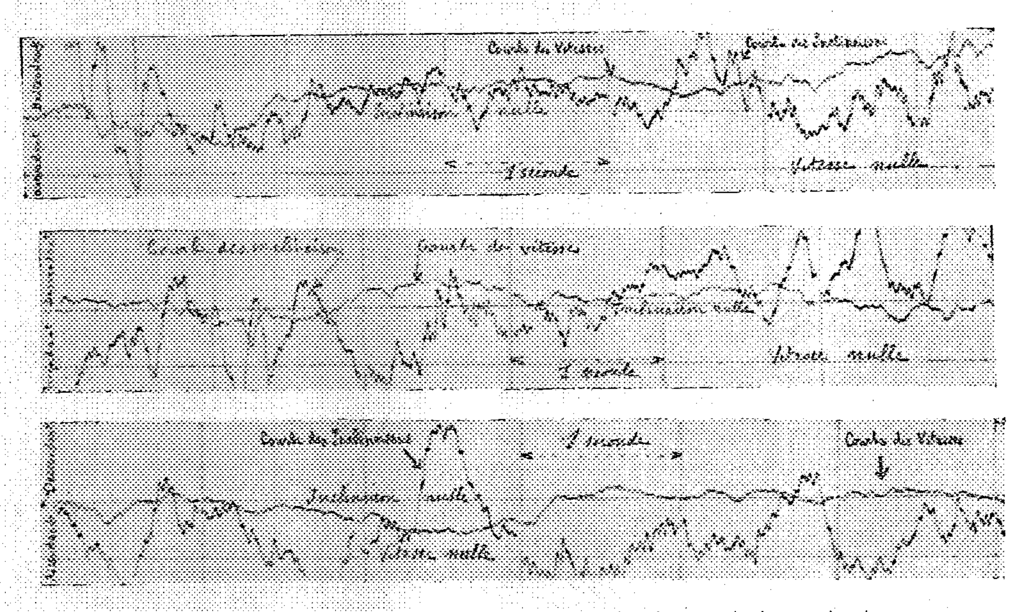


Fig. 2. — Directions instantanées du vent dans le plan vertical enregistrées avec l'appareil à deux fils chauds.

l'objet de cette Communication et de l'anémomètre à fil chaud que nous avons décrit dans une Note précédente [1]. L'appareil inscripteur consista dans un dérouleur photographique sur la fente duquel nous faisions arriver les faisceaux lumineux fournis par les miroirs des galvanomètres de vitesse et de direction.

---

[1] *Sur un anémomètre à fil chaud à compensation* (*Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 287).

Les enregistrements montrent que la direction instantanée d'un vent naturel, supposé horizontal, change continuellement dans l'espace, aussi bien dans le plan vertical (*fig.* 2) que dans le plan horizontal et que de ce fait, le vent apparaît tantôt ascendant, tantôt descendant.

En outre, ce procédé, qui permet une étude approfondie du mouvement des fluides, est aussi susceptible d'autres applications pratiques. Monté, par exemple, sur des ailes d'aéroplanes de façon appropriée, notre dispositif à deux fils chauds constitue un moyen excellent de rechercher l'incidence des surfaces portantes des avions en vol aux différentes altitudes.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur la correction apportée par la théorie de la Relativité à la durée de révolution newtonienne des planètes.* Note de M. JEAN CHAZY, présentée par M. Émile Borel.

1. Dans une Communication précédente [1], j'ai indiqué qu'en coordonnées cartésiennes dans le plan ($\varphi = 0$, $x = r\cos\theta$, $y = r\sin\theta$) les trajectoires d'un point matériel déduites du ds^2 d'Einstein-Schwarzschild

$$ds^2 = \left(V^2 - \frac{2\mu}{r^3}\right)dt^2 - \left(1 - \frac{2\mu}{V^2 r}\right)^{-1} dr^2 - r^2\,d\theta^2 - r^2\cos^2\theta\,d\varphi^2$$

ont deux équations différentielles de la forme

$$(1)\qquad x'' = -\frac{\mu x}{r^3}\left(1 - \frac{2\mu}{V^2 r} + \frac{2v^2}{V^2} - \frac{2r'^2}{V^2} - \frac{r'^2}{V^2 - \frac{3\mu}{r}}\right) + \frac{2\mu r' x'}{r^2\left(V^2 - \frac{2\mu}{r}\right)}.$$

Et j'ai indiqué d'autre part que, si l'on considère les trajectoires planes définies par deux équations différentielles de la forme

$$(2)\qquad x'' = -\frac{\mu x}{r^3}\left(1 - \frac{2\alpha\mu}{V^2 r} + \frac{2\beta v^2}{V^2} - \frac{3\gamma r'^2}{V^2}\right) + \frac{2\lambda\mu r' x'}{r^2 V^2},$$

où α, β, γ, λ sont quatre constantes numériques, l'avance du périhélie d'une planète à chaque révolution a pour valeur [2]

$$\delta\varpi = \frac{\varepsilon}{3}(-\alpha + 2\beta + 2\lambda) \qquad \text{avec} \qquad \varepsilon = \frac{6\pi\mu}{V^2 a(1 - e^2)},$$

(1) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 285.

(2) Les valeurs $\delta\varpi$, $\delta_1 T$, $\delta_2 T$ sont exactes, quand α, β, γ, λ sont de l'ordre des premiers nombres entiers, à des termes de l'ordre du carré ε^2 près : pour la planète Mercure ε est voisin de $0,5 \times 10^{-6}$.

$2a$ et e désignant le grand axe et l'excentricité osculateurs à un instant quelconque de la révolution considérée.

Il résulte que l'avance du périhélie de Mercure non expliquée par la loi de Newton peut être expliquée, aussi bien que par la théorie de la Relativité, par un grand nombre de lois de forces simples : il suffit que l'on ait dans l'équation (2) $-\alpha+2\beta+2\lambda=3$. On peut par exemple ajouter à l'attraction newtonienne les forces suivantes : les attractions (I) ou (II), de valeurs absolues $\frac{\mu}{r^2}\times\frac{3v^2}{V^2}$ et $\frac{\mu}{r^2}\times\frac{6\mu}{V^2 r}$, dont la première a été donnée [1] par M. Gaston Bertrand, et dont la seconde [2] varie simplement en raison inverse du cube de la distance; la force (III), normale à la trajectoire [3] et située dans la concavité, de valeur absolue $\frac{3\mu v\sqrt{v^2-r'^2}}{2V^2 r^2}=\frac{3\mu v|\theta'|}{2V^2 r}$, proportionnelle sur une même trajectoire au quotient $v:r^3$; la force (IV), tangentielle et répulsive, de valeur absolue $\frac{3\mu v|r'|}{V^2 r^2}$.

2. Proposons-nous de comparer ces diverses lois et la théorie de la Relativité au point de vue de la correction qu'elles apportent à la durée de révolution T correspondant à la loi de Newton [4].

Considérons d'abord la révolution où l'anomalie excentrique osculatrice croît de u_0 à $u_0+2\pi$, par exemple la révolution comptée entre deux périhélies, ou entre deux aphélies, consécutifs. Le grand axe et l'excentricité osculateurs ont les mêmes valeurs (à l'ordre de ε) au commencement et à la fin d'une telle révolution, qui coïncide ainsi pour $u_0=0$ avec la révolution anomalistique des astronomes, et dont l'accroissement de la durée, $\delta_1 T$, a pour valeur

$$\frac{6\pi\mu}{V^2 n a}\left[-\frac{2}{3}\beta+\gamma+\frac{2}{3}\lambda+\frac{2\beta-3\gamma-2\lambda}{1-e\cos u_0}+\frac{\alpha-2\beta+3\gamma+2\lambda}{(1-e\cos u_0)^2}-\frac{\gamma(1-e^2)}{(1-e\cos u_0)^3}\right],$$

avec $n^2a^3=\mu$; donc $\delta_1 T$ dépend de la valeur initiale u_0, sauf avec la loi (III), ou si l'on néglige l'excentricité.

La durée de la révolution sidérale, c'est-à-dire de la révolution où la longitude moyenne osculatrice augmente de 2π, a pour accroissement

$$\delta_2 T=\delta_1 T-\delta\varpi : n.$$

---

(1) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 440.

(2) Cf. LOUIS MAILLARD, *Le mouvement quasi-newtonien et la gravitation*, Lausanne, 1922.

(3) Cf. LECORNU, *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 341, et t. 176, 1923, p. 205.

(4) Cf. PAINLEVÉ, *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 884; et TROUSSET, *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1161.

Si l'on néglige le carré de l'excentricité e^2, la quantité $n\delta_2 T = (2\pi\delta_2 T : T)$ a respectivement pour valeurs, dans la théorie de la Relativité et avec les lois (I), (II), (III), (IV),

$$\varepsilon.2e\cos u_0, \quad \varepsilon(-2-3e\cos u_0), \quad \varepsilon(-4-6e\cos u_0), \quad -\varepsilon, \quad \varepsilon.3e\cos u_0.$$

Le facteur ε correspond, pour Mercure, Vénus, la Terre et Mars, à des accroissements $\delta_2 T$ d'environ 0,60; 0,79; 0,93; 1,15 secondes.

Par suite, avec les lois (I), (II), (III), les durées de révolution newtoniennes devraient être corrigées de quantités de l'ordre de la seconde, donc peu compatibles avec les observations actuelles et les corrections qu'on peut introduire dans le système des constantes astronomiques. D'autre part, dans la théorie de la Relativité, les durées de révolution calculées à partir de ce système de constantes, de la loi de Newton et *des éléments osculateurs à un instant donné* comportent le terme correctif $2e\varepsilon : n$, pour la révolution sidérale commençant au périhélie : les corrections correspondantes, d'environ 0,25; 0,011; 0,031; 0,21 secondes, sont-elles admissibles?

Il semble que l'étude des durées des révolutions sidérales puisse fournir bientôt un argument pour ou contre la théorie de la Relativité (¹).

(¹) Dans l'hypothèse d'Asaph Hall, qui consiste à changer dans l'expression de la loi de Newton $-\mu : r^2$ le carré en la puissance $2+\sigma$ de la distance, on obtient de même, si l'on néglige les carrés σ^2 et e^2,

$$\delta\varpi = 2\pi\sigma(1-\sqrt{1-e^2}) : e^2 = \pi\sigma + \ldots, \qquad n\delta_2 T = \pi\sigma \log a(4+6e\cos u_0).$$

En prenant σ voisin de $1,6.10^{-7}$, Newcomb a montré qu'on explique les mouvements des périhélies de Mercure, Vénus, la Terre et Mars, mais l'on constate qu'en même temps trois au moins de leurs quatre durées de révolution sidérale devraient être corrigées de plusieurs secondes : indépendamment de la répugnance qu'on éprouve à adopter un exposant de la distance voisin de 2,00000016, une telle conséquence suffit à écarter l'hypothèse considérée.

On sait que Newcomb s'est inspiré de l'hypothèse de Hall pour répartir en raison inverse des durées de révolution T les avances séculaires des périhélies des quatre planètes intérieures, non expliquées par la loi de Newton, et pour obtenir finalement comme avance du périhélie de Mercure le nombre célèbre 43″,37. Dans la théorie de la Relativité, on doit rejeter cette partie de la discussion de Newcomb, car les avances séculaires des périhélies sont au contraire en raison inverse de $T^{\frac{5}{3}}$, et l'on doit s'en tenir aux nombres plus voisins des observations que Newcomb a données d'abord, d'où 41″,24 ± 2″,10 pour l'avance du périhélie de Mercure, le terme complémentaire désignant l'erreur moyenne (cf. TISSERAND, *Traité de Mécanique céleste*, t. 4, p. 535-540).

ASTRONOMIE. — *Test de la rapidité réalisable dans les mesures équatoriales de petites planètes avec une lunette munie du comparateur photo-visuel et de divers accessoires.* Note de M. **J.-Ph. Lagrula**, présentée par M. B. Baillaud.

En 1913, j'ai donné ici (1) la description du *comparateur photo-visuel*, instrument dont le principe repose sur la simple idée de l'utilisation simultanée des deux yeux de l'observateur. Installé à l'Observatoire de Nice sur l'équatorial Gautier de $0^m,38$ d'ouverture il a, depuis, fait ses preuves dans la recherche proprement dite des astéroïdes (2) et l'établissement se classe actuellement en bon rang à côté de ceux qui, par la photographie, poursuivent systématiquement ce genre d'investigation (3).

En second lieu, quand, les petites planètes une fois signalées, il s'agit seulement d'en relever des positions, la rapidité avec laquelle, au moyen de cet appareil, il est possible d'identifier (quasi-instantanément) une région du ciel et d'y reconnaître (à simple vue) la présence d'nn astre errant, est telle que la durée de ces opérations préliminaires devient négligeable à côté du temps que l'on passe ordinairement aux mesures différentielles. Dans le but de réduire ce dernier au strict minimum, j'ai, depuis longtemps, étudié les dispositifs suivants :

1° *L'escamotage instantané du réticule d'ascension droite.* Cette innovation, réalisée dès 1918 dans l'un des micromètres, a rendu possible l'installation des gros fils, que réclame la mesure des astres faibles, en deux groupes de cinq convenablement espacés de manière à permettre les pointés en déclinaison dans l'intervalle. On procède donc par une seule série d'opérations tout comme aux instruments méridiens. C'est d'ailleurs uniquement à cause de la grosseur des fils que cette amovibilité du réticule a été introduite afin de réserver la liberté complète du champ dans les explorations.

2° Quelques minutes suffisent alors à l'exécution des mesures à condition, toutefois, que l'observateur, travaillant seul et dans l'obscurité, n'ait à se préoccuper ni de la surveillance de son chronographe ni de la lecture des pointés en déclinaison. C'est pour répondre à cette double nécessité que, dans mon service, j'ai proposé l'adjonction du *chronographe imprimant*, fort

(1) *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1134.

(2) En 1922, le rendement moyen mensuel a atteint 25 petites planètes opportunément retrouvées et en l'absence de toute information extérieure.

(3) Alger, Barcelone, Heidelberg, Johannesbourg, Simeïs.

simple de construction, dont j'ai déjà entretenu l'Académie [1] et d'un *dispositif d'impression des lectures de la vis micrométrique* à l'abri de certains inconvénients qui m'ont été signalés.

Bien que, pour des raisons budgétaires et des difficultés de main-d'œuvre, la construction de ces enregistreurs ait été suspendue, il est possible, cependant, de se rendre compte de la vitesse réalisable dans les mesures. A cette fin, j'extrais de mon carnet-minute la documentation suivante relative à des astéroïdes que j'avais antérieurement retrouvés.

Séance du 25 décembre 1922, temps moyen de Greenwich.

Planète n°	Grandeur à l'opposition.	Mesurée à	Planète n°	Grandeur à l'opposition.	Mesurée à	Planète n°	Grandeur à l'opposition.	Mesurée à
		h m			h m			h m
776...	10,0	8. 4	192...	8,6	»	50...	10,6	11.43
198...	9,6	12	389...	11,2	10. 0	261...	11,3	53
33...	10,1	22	165...	11,5	10	46...	10,5	12. 2
128...	9,9	30	42...	11,1	18	740...	12,5	»
598...	10,4	41	393...	11,5	31	611...	11,6	18
554...	9,8	50	471...	8,5	40	150...	11,5	»
212...	11,5	»	305...	11,4	49	65...	11,5	40
241...	11,1	9. 9	419...	12,3	»	221...	11,5	51
349...	9,5	19	343...	12,1	»	12...	10,6	13. 0
932...	11,0	26	402...	10,4	11.15	51...	9,8	11
110...	10,5	35	488...	11,2	26			
519...	11,9	»	103...	10,4	34			

Comme il ne s'agit ici que de montrer comment les opérations se sont échelonnées au cours de cette soirée, je n'ai pas inscrit dans le Tableau précédent les positions relevées que j'ai publiées autre part [2]. Ce ne sont, d'ailleurs, que des lieux approchés reposant sur un seul passage en ascension droite, un simple pointé en déclinaison, et rapportés à des étoiles de la B. D. à défaut de l'A. G. La distance entre les fils extrêmes du réticule étant de 80^s, *des mesures de précision* que, sans enregistreurs, je ne pouvais tenter à cette allure, *auraient exigé seulement une minute et demie de plus* pour chacun des 27 astres repérés.

Les sept planètes, que désignent des guillemets, n'ont pas été aperçues

(1) *Principe et schéma du « chronographe imprimant à synchronisation géométrique »* (*Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 1335).

(2) *Circulaires de l'Observatoire de Marseille*, n° 264.

dans le simple coup d'œil qu'il m'était permis de leur consacrer, six d'entre elles, très probablement, à cause de l'éclat de la Lune qui dépassait, ce jour-là, son premier quartier et celle (n° 192) qui se trouvait, je m'en suis ultérieurement assuré, à $1^m,4$ de la position prévue.

Enfin il convient de signaler que j'observais, sans assistant, à un équatorial droit comportant des manœuvres de coupole, et au pied levé car je n'avais revu aucun des 34 astéroïdes ci-dessus énumérés, depuis ma première observation, remontant à une douzaine de jours, pour 11 d'entre eux et de 4 à 6 semaines pour les autres.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations du Soleil faites à l'Observatoire de Lyon, pendant le quatrième trimestre de* 1922. Note de M. **J. Guillaume**, présentée par M. B. Baillaud.

Il y a eu 61 jours d'observations dans ce trimestre [1] et les principaux faits qu'on en déduit se résument ainsi :

Taches. — Le nombre des groupes de taches observés est de 14, avec une surface totale de 1550 millioniêmes, au lieu de 12 groupes et 828 millioniêmes, précédemment [2].

La forte augmentation de l'aire tachée est due à la présence du groupe, extraordinaire au voisinage du minimum, qui a été *visible à l'œil nu* et a passé au méridien central le 29 décembre à + 7° de latitude.

D'autre part, le nombre des jours notés *sans tache* est de 21 au lieu de 43, d'où il résulte une proportion de 0,34 au lieu de 0,50.

On a relevé un nombre égal de 7 groupes dans chaque hémisphère; nombre sans changement au sud, mais supérieur de deux au nord, avec 7 au lieu de 5.

La latitude moyenne des taches a diminué au sud de l'équateur, en passant de — 9°,6 à — 6°,9, tandis qu'elle est restée sensiblement stationnaire au nord, en passant de + 9°,0 à + 9°,1.

Régions d'activité. — Les groupes de facules ont diminué de moitié et leur surface totale de un sixième seulement : on a, effectivement, enregistré 39 groupes au lieu de 77, et 30,0 millièmes au lieu de 36,2.

La répartition de cette diminution des groupes, entre chaque hémisphère, est de 10 au sud (13 au lieu de 23) et de 28 au nord (26 au lieu de 54).

---

(1) Avec l'aide de M[lle] Bloch.

(2) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 79.

TABLEAU I. — *Taches.*

Dates extrêmes d'observ.	Nombre d'observations.	Pass. au mér. central.	Latitudes moyennes. S.	Latitudes moyennes. N.	Surfaces moyennes réduites.
		Octobre. — 0,40.			
10-14	4	15,0		+14	49
19-20	2	15,6	— 6		109
16-20	3	16,2		+13	10
10-12	2	16,4	—11		10
	20 j.		— 8°,5	+13°,5	
		Novembre. — 0,23.			
1- 3	2	4,2	—13		16
5-17	9	11,1	— 6		242
13-22	4	18,9		+ 5	13
		Novembre (suite).			
19-25	2	25,1		+12	3
	22 j.		— 9°,5	+ 8°,5	
		Décembre. — 0,42.			
30- 1	7	4,6	—3		174
3-10	4	8,3	—5		33
28	1	23,2		+4	5
24- 4	8	29,1		+7	830
25- 2	6	30,7		+9	31
25- 2	6	31,7	—4		25
	19 j.		—4°,0	+6°,7	

TABLEAU II. — *Distribution des taches en latitude.*

1922.	Sud 90°-40°	40°-30°	30°-20°	20°-10°	10°-0°	Somme.	Nord Somme.	0°-10°	10°-20°	20°-30°	30°-40°	40°-90°	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Octobre.....	»	»	»	1	1	2	2	»	2	»	»	»	4	178
Novembre...	»	»	»	1	1	2	2	1	1	»	»	»	4	274
Décembre...	»	»	»	»	3	3	3	3	»	»	»	»	6	1098
Totaux...	»	»	»	2	5	7	7	4	3	»	»	»	14	1550

TABLEAU III. — *Distribution des facules en latitude.*

1922.	Sud 90°-40°	40°-30°	30°-20°	20°-10°	10°-0°	Somme.	Nord Somme.	0°-10°	10°-20°	20°-30°	30°-40°	40°-90°	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Octobre.....	»	»	1	1	1	3	10	4	2	1	»	3	13	8,8
Novembre...	»	»	»	2	2	4	7	2	3	1	1	»	11	8,4
Décembre...	»	»	»	2	4	6	9	6	2	»	»	1	15	12,8
Totaux....	»	»	1	5	7	13	26	12	7	2	1	4	39	30,0

NAVIGATION. — *Sur un nouveau compas gyrostatique.* Note de MM. **Henri Béghin** et **Paul Monfraix**, présentée par M. G. Kœnigs.

L'orientation d'un compas gyrostatique dans le plan méridien résultant de l'action combinée de la pesanteur et des forces d'inertie de Coriolis, dues à la rotation de la Terre, les évolutions du bâtiment et le roulis sont susceptibles, en modifiant la verticale apparente à bord, de causer des déviations.

L'influence du roulis est combattue dans le compas allemand Antschütz

en lui assurant une certaine stabilité dans le vertical Est-Ouest. Dans le compas américain Sperry, cette influence est atténuée en retardant l'action de la pesanteur sur le gyro directeur.

Les déviations dites balistiques, produites par les évolutions du bâtiment, ont leur origine dans les trois causes suivantes : 1° l'influence du dispositif amortisseur; 2° celle des inclinaisons transversales; 3° la difficulté qu'il y a à maintenir constante la période de recherche du méridien quand la latitude varie.

Le compas, objet de cette Note, qui a été étudié pour annuler les effets de ces causes, se compose en principe d'un système de trois gyrostats. L'un d'eux joue le rôle de gyro directeur et entraîne, par asservissement, un châssis portant les deux autres, dont le rôle est uniquement stabilisateur. Le compas possède deux périodes d'oscillation : l'une dans la recherche du méridien, l'autre dans le mouvement pendulaire Est-Ouest, que nous appellerons période de stabilisation.

Le méridien est un plan de symétrie matérielle de l'appareil; cependant une certaine masse peut être détachée du châssis au moyen d'une commande électrique et fixée sur place au gyro directeur, introduisant ainsi une dissymétrie qui, grâce à l'asservissement, amortit les oscillations du premier type.

La faculté de créer ou de supprimer cette dissymétrie particulière permet d'éliminer à volonté la première cause des déviations balistiques, la plus importante dans les compas existants.

L'influence des inclinaisons transversales est d'autant plus faible que la période de stabilisation est plus grande (dans le compas Sperry, la période d'écoulement du liquide qui constitue le contrepoids joue le rôle de période de stabilisation). Ces périodes, qui peuvent servir de terme de comparaison. ont les valeurs suivantes : 30 secondes pour le compas Sperry, une minute pour le compas Antschütz et 10 minutes dans celui que nous avons étudié.

Pour éliminer la troisième cause des déviations balistiques, nous avons fait appel à l'instabilité d'un chargement liquide réglable à distance; on peut ainsi adapter à la latitude le caractère pendulaire de l'appareil, de manière à maintenir constante ses deux périodes.

L'erreur de vitesse en régime normal est automatiquement corrigée par une graduation convenable de la rose.

Le dispositif d'asservissement est basé sur l'action réciproque de deux champs tournants, action analogue dans une certaine mesure à celle qui l'exerce entre deux alternateurs en parallèle.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'absorption ultraviolets des crésols.* Note de M. F.-W. KLINGSTEDT, présentée par M. G. Urbain.

Les spectres d'absorption ultraviolets des crésols ont été étudiés jusqu'ici seulement d'une façon qualitative pour les solutions alcooliques. Nous avons montré pour le phénol (1), pour l'aniline (2) et pour les diphénols (3) que le spectre des solutions alcooliques diffère complètement du « spectre normal » des solutions hexaniques. Dans le cas des crésols la même différence s'observe.

Nous avons mesuré les coefficients d'absorption des crésols en solution hexanique d'après la méthode de Victor Henri en prenant comme source lumineuse l'étincelle de haute fréquence entre électrodes d'aluminium dans l'eau et en mesurant le noircissement avec le microphotomètre.

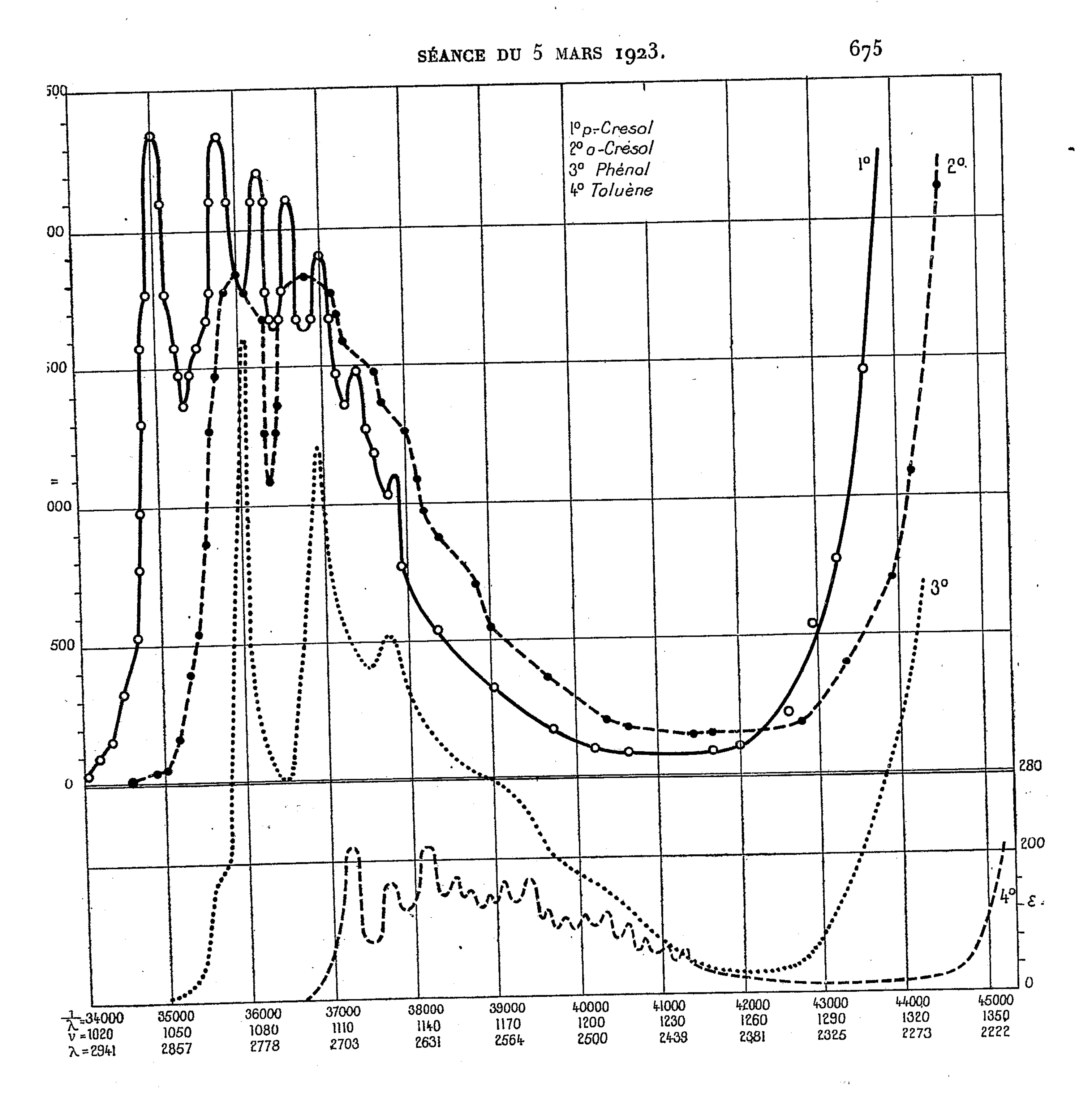
Résultats. — 1° L'*ortho*-crésol et le *méta*-crésol possèdent presque le même spectre d'absorption avec deux bandes larges : $\lambda = 2780$ et 2716 pour l'*ortho*, $\lambda = 2796$ et 2720 pour le *méta*; les coefficients d'absorption moléculaires étant égaux à $\varepsilon = 1810$ et 1770. Ces bandes occupent presque la même place que celles du phénol. Par rapport au toluène, elles sont fortement déplacées vers le rouge (de 107 Å.) et l'intensité de l'absorption est augmentée environ de neuf fois.

2° Le *para*-crésol possède *sept* bandes étroites entre 2858 et 2644; le coefficient d'absorption de la première bande est égal à $\varepsilon = 2330$, celui de la dernière est 1100.

3° Le spectre du *para* est déplacé de 70 Å. vers le rouge par rapport à celui de l'*ortho* et du *méta*; l'intensité de l'absorption du *para* est la plus forte et le dérivé *para* se distingue par un nombre considérable de bandes étroites, tandis que les dérivés *ortho* et *méta* ne contiennent que deux bandes larges. C'est là un résultat absolument général que nous avons trouvé pour les xylènes, les diphénols, les toluidines, les toluonitriles et les crésols. On peut reconnaître immédiatement un dérivé *para* d'après son spectre d'absorption.

4° Les sept bandes du *para*-crésol peuvent être distribuées en trois

(1) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 812.
(2) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 248.
(3) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 365.


1° p-Cresol
2° o-Crésol
3° Phénol
4° Toluène
1°
2°
3°
4°
ε
280
200
0
500
$\frac{1}{\lambda}$=34000
ν=1020
λ=2941
35000
1050
2857
36000
1080
2778
37000
1110
2703
38000
1140
2631
39000
1170
2564
40000
1200
2500
41000
1230
2439
42000
1260
2381
43000
1290
2325
44000
1320
2273
45000
1350
2222

groupes; dans chaque groupe les différences des fréquences $\Delta\frac{1}{\lambda}$ sont constantes et l'intensité de l'absorption ε décroît. La période fondamentale $\Delta\frac{1}{\lambda}$ est égale en moyenne à 1217 Å; nous avons montré que pour le *para*-xylène cette période est égale en moyenne à $\Delta\frac{1}{\lambda} = 1186$ (1).

Nos.	λ.	ε.	$\frac{1}{\lambda}$ cm⁻¹.	$\Delta\frac{1}{\lambda}$.	Nos.	λ.	ε.	$\frac{1}{\lambda}$.	$\Delta\frac{1}{\lambda}$.
1...	2858	2330	34990	—	2...	2796	2330	35765	—
3...	2763	2200	36193	1203	5...	2702	1900	37010	1245
6...	2674	1450	37397	1204					
					4...	2732	2100	36603	
					7...	2644	1100	37821	1218

Nous donnons sur la figure les spectres d'absorption du *para* et de l'*ortho*-crésol, celui du phénol un peu déplacé vers le bas et celui du toluène dessiné à une échelle plus grande.

CHIMIE. — *Sur le spectre de haute fréquence du celtium.* Note de M. A. **Dauvillier**, présentée par M. G. Urbain.

Dans une nouvelle lettre à *Nature* (2) MM. D. Coster et G. von Hevesy mettent en doute notre attribution (3) au celtium des lignes 1319,4 et 1561,8 X que nous avons observées dans une préparation d'oxydes ytterbiques de M. Urbain. Ils appuient leur argumentation sur les trois affirmations suivantes :

1° Ces lignes ne coïncident pas, dans les limites des erreurs expérimentales, avec les valeurs théoriques interpolées et les longueurs d'ondes observées dans les minerais zirconifères.

2° Elles peuvent provenir de spectres d'ordres supérieurs d'autres éléments.

3° Nous n'avons pas signalé la raie β, qui devrait être visible sur nos clichés.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 1065.
(2) *Nature*, 24 février 1923.
(3) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1347.

Nous nous voyons donc obligés, dans cette Note, d'exposer en détail les raisons justifiant l'attribution que nous avons faite.

1° Il existe effectivement un désaccord d'environ 3 unités X (10^{-11} cm) entre les longueurs d'ondes publiées par nous et les valeurs les plus probables pour les lignes β_2 et α_1 du celtium, mais cette différence n'est nullement hors des limites de l'erreur possible :

Celles-ci varient, en effet, beaucoup suivant l'intensité, la nature et les positions relatives des lignes. Notre dispersion correspondait à 7 unités X par millimètre. Les lignes normalement posées, à bords nets, peuvent dans ces conditions être repérées par leur centre à $0^{mm},1$ près, mais les raies très faibles, comme celles dont il est ici question, ne sauraient l'être qu'à $\frac{2}{10}$ ou $\frac{3}{10}$ de millimètre près.

Avec la source punctiforme (1^{mm^2}) et la fente large ($0^{mm},4$) que nous utilisions alors, ces très faibles lignes apparaissent toujours diffuses. Elles ne se distinguent pas par vision trop rapprochée et ne peuvent être repérées qu'en les pointant d'une certaine distance. Elles sont, en outre, un peu irrégulières, ce qui rend leur pointé difficile, par suite des défauts de structure du sel gemme et de l'altération, difficile à prévenir, de la surface réfléchissante.

Les lignes en question sont néanmoins hors de doute et nous en avons souvent mesuré beaucoup d'autres semblables (γ_9, γ_{10}, γ_{11}, β_7 et β_5 dans le groupe des terres rares, β_{11} etc.) qui se classent toutes en séries et s'interprètent théoriquement [1].

---

[1] Nous avons d'ailleurs, dans la suite, amélioré notre dispositif expérimental en remplaçant le foyer punctiforme par une fine source linéaire parallèle à la fente collimatrice. Les oxydes ont été mieux utilisés en les comprimant fortement à la presse hydraulique avec un liant approprié dans une rainure pratiquée dans les bouchons d'anticathode. Ils étaient ensuite calcinés à haute température dans le vide. Les poses ont pu ainsi être portées à une quarantaine d'heures avec toute la puissance admissible sur une telle matière. Les rayons cathodiques étaient rendus aussi homogènes que possible et l'absorption par l'air était prévenue en déplaçant ce gaz par de l'hydrogène.

Dans ces conditions les raies sont apparues moins diffuses et ont permis de meilleurs pointés. Nous avons ainsi trouvé $\beta_2 = 1323$ et $\alpha_1 = 1564$ X, chiffres coïncidant avec les valeurs probables. Les clichés obtenus suivant l'une et l'autre technique ne montrent d'ailleurs pas de différence appréciable à l'œil dans la position des raies, lorsqu'on les compare directement avec un spectre plus intense du celtium obtenu avec une préparation zirconifère.

2° Les raies en question peuvent-elles appartenir à un spectre d'ordre supérieur d'un autre élément?

a. Raie β_2. — Cette ligne ne peut appartenir ni en premier ni en second ordre au spectre K d'aucun élément connu ou inconnu. Ce ne peut être le troisième ordre de la faible ligne $K\gamma$ de l'indium, d'après une ancienne mesure de Friman, car la limite d'absorption K mesurée par Duane indiquerait pour cette ligne, en accord avec d'autres considérations, la valeur 445 X. Aucune raie de quatrième ordre n'est compatible avec la tension utilisée.

Dans la série L cette ligne n'est ni β_1 du tantale, ni γ_7 de l'erbium car les fortes lignes γ_1 et α_1 du premier, β_1 et β_2 du second sont absentes, en accord d'ailleurs avec les résultats tirés d'une étude spéciale de l'ensemble du spectre d'arc.

Cette raie ne peut appartenir en second ordre à la série L d'aucun élément.

b. Raie α_1. — Aucune ligne K en premier ordre ne présente cette longueur d'onde. Ce n'est pas la raie $K\alpha_1$ du zirconium [1] en second ordre, car cet élément a été vainement recherché en premier ordre avec une pose qui aurait dû faire apparaître ses lignes deux ou trois fois plus intenses que ne l'est la ligne en question. Le spectre d'arc a confirmé cette absence. Ce ne peut être la ligne $K\beta_1$ du palladium en troisième ordre car la ligne $K\alpha_1$ n'est pas visible en second ordre. Ce n'est pas enfin la raie $K\alpha_2$ du baryum en quatrième ordre car les raies de cet élément n'ont pas été observées dans le troisième.

Dans la série L cette raie coïncide seulement avec β_2 de l'holmium dont la raie β_1 doit être notablement plus forte. Or seule, une trace douteuse est apparue à cette place sur un cliché d'une autre préparation riche en thulium, sans d'ailleurs qu'aucune raie de l'erbium ne soit visible. La raie en question n'est donc sûrement pas β_2 de l'holmium. La possibilité d'une raie L en second ordre est exclue.

3° La raie $\beta_1\beta_6$ du celtium n'est effectivement pas visible sur le premier de nos clichés, quoiqu'elle diffère de trois unités X du satellite de β_2 du lutécium. Mais il convient de remarquer qu'elle aurait dû apparaître entre une ligne très forte et surexposée $\beta_2 \mathrm{Lu} = 1366,7$ et une ligne assez intense

---

[1] Nous avons trouvé pour longueurs d'ondes des raies K de cet élément les valeurs $\gamma = 685,1$; $\beta = 700,1$; $\alpha_1 = 784,4$; $\alpha_2 = 788,5$ X.

large et diffuse $K\gamma$ Cu = 1377,7 dans un domaine spectral *théorique* de 11X. Or il est impossible de distinguer une ligne faible dans ces conditions et la preuve en est que β_6 du lutécium — qui doit aussi se placer au milieu de l'intervalle existant entre deux fortes lignes surexposées : β_2 Yb = 1412,4 et β_1 Lu = 1420,5 ($\Delta = 8$X) — est absolument invisible quoique devant être bien plus intense.

Par contre, sur un cliché obtenu avec une source linéaire, en évitant la présence des lignes de cuivre et avec une préparation moins riche en lutécium, nous avons observé une très faible ligne mesurant sensiblement 1373X et ayant la même intensité que β_5 de l'ytterbium [1]. Cette ligne n'est ni γ_4 du dysprosium ni aucune raie L en second ordre. Elle ne correspond à aucune ligne K possible en premier ordre. Ce n'est ni $K\gamma$ de Zr en deuxième ordre, ni $K\alpha_1$ du tellure en troisième, ni $K\beta$ du baryum en quatrième.

Sans vouloir diminuer en quoi que ce soit l'importante découverte de MM. Coster et v. Hevesy, nous ne pouvons donc que maintenir nos attributions de l'an dernier : une trace de celtium (autant que de thulium) existait dans la préparation et semblait se concentrer avec le lutécium.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur l'entraînement des acides par les précipités d'alumine.* Note de M. **André Charriou**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Lorsqu'on précipite de l'alumine par une solution d'ammoniaque au sein d'une solution d'un chromate alcalin, cette alumine reste colorée en jaune après filtration et lavage, par suite de l'entraînement de petites quantités d'acide chromique. J'ai étudié l'influence des divers facteurs ayant une action sur ces entraînements.

Influence de la concentration de la solution en chromate. — Dans une solution de chromate de potassium et de nitrate d'aluminium amenée à 100^{cm^3} la précipitation était réalisée à l'ébullition avec 2^{cm^3} d'une solution d'ammoniaque à 10^{mol} par litre. Après repos de 5 minutes sur un bain-marie bouillant, puis filtration, l'alumine était lavée avec de l'eau bouillante

(1) La suppression des lignes K du cuivre nous a permis de mesurer de nouvelles lignes de l'ytterbium. Ce sont : $\beta_8 = 1379,4$ moy.; $\beta_5 = 1383$ tr. faible; $\beta_9 = 1388,3$ moy. et $\beta_7 = 1392,3$ faible.

jusqu'à disparition de la présence de l'acide chromique dans les eaux de lavage (soit environ 200$^{cm^3}$).

Solution. CrO^4K^2.	Précipité. Al^2O^3.	CrO^3 entraîné.	CrO^3 entraîné pour 100.
g 0,1	g 0,139	g 0,0014	1
0,2	»	0,0017	1,23
0,3	»	0,0021	1,51
0,4	»	0,0026	1,87
0,5	»	0,0035	2,16
1	»	0,0051	3,7
5	»	0,0076	5,5
10	»	0,0095	6,85

Je n'ai pu caractériser la présence de la potasse dans le précipité par la méthode très sensible de la coloration de la flamme; l'alumine entraîne donc de l'acide chromique et non du chromate de potassium. Il est donc probable qu'il se forme à la surface des grains d'alumine une couche de chromate d'aluminium.

J'ai recherché si de l'alumine hydratée mise en contact avec une solution de chromate de potassium à 0,5 pour 100 absorbait de l'acide chromique.

Durée du contact.	Al^2O^3.	CrO^3 entraîné.	CrO^3 entraîné pour 100.
30 minutes	g 0,139	g 0,0009	0,64
24 heures	»	0,0012	0,86
36 heures avec légère agitation	»	0,0026	1,87

L'alumine tend donc à fixer ainsi presque autant d'acide chromique que par précipitation au sein d'une solution de chromate de potassium.

Influence de l'azotate, du chlorure et de l'acétate d'ammonium. — Le précipité d'alumine n'a pu être débarrassé complètement de l'acide chromique entraîné ni par lavages avec 100$^{cm^3}$ d'une solution bouillante d'azotate, de chlorure ou d'acétate d'ammonium à 5 pour 100, ni par ébullition de 10 minutes avec ces diverses solutions.

Du reste, à l'ébullition, ces divers sels deviennent acides et dissolvent une partie de l'alumine.

Influence des bicarbonates, carbonates et phosphates alcalins. — Soit une solution contenant 0^g,143 d'alumine et 0^g,5 de chromate de potassium dans 100$^{cm^3}$ d'eau.

1° Si l'on réalise la précipitation de l'alumine avec 1^g de bicarbonate

d'ammonium à froid et qu'on lave avec environ 25^{cm^3} de solution froide de bicarbonate d'ammonium à 5 pour 100, puis avec 100^{cm^3} d'eau bouillante, *l'entraînement est nul.*

2° Si dans la même solution on réalise la précipitation de l'alumine avec 2^{cm^3} d'une solution d'ammoniaque, on obtient le précipité jaune; mais, après lavage à froid avec 100^{cm^3} environ d'une solution de bicarbonate d'ammonium à 5 pour 100 puis avec 100^{cm^3} d'eau bouillante, *l'alumine est entièrement décolorée et l'entraînement est nul.*

On obtient le même résultat avec les bicarbonates de sodium, de lithium, les carbonates neutres de sodium et d'ammonium, ainsi qu'avec le phosphate d'ammonium. Par contre, il a été impossible de décolorer l'alumine en la lavant avec 200^{cm^3} d'une solution saturée d'acide carbonique.

Ces phénomènes semblent tenir à un *déplacement de l'acide chromique par les acides carboniques et phosphoriques, ces derniers se fixant sur l'alumine.*

1° Après la décoloration par 100^{cm^3} de phosphate d'ammonium à 5 pour 100 du précipité de $0^g,139$ d'alumine ayant entraîné de l'acide chromique, j'ai lavé à l'eau bouillante (environ 500^{cm^3}) jusqu'à ce que les eaux de lavage ne contiennent plus de phosphate, le dosage de l'acide phosphorique entraîné a donné :

P^2O^5 entraîné $= 0^g,015$, soit P^2O^5 entraîné pour $100 = 10,7$.

Pour vérifier que l'alumine au contact du phosphate d'ammonium absorbe de l'acide phosphorique, j'ai mis $0^g,134$ d'alumine préalablement précipitée en présence de 100^{cm^3} d'une solution de phosphate d'ammonium à 5 pour 100, pendant 24 heures avec une légère agitation :

P^2O^5 entraîné $= 0^g,021$, soit P^2O^5 entraîné pour $100 = 15,6$.

2° Après décoloration par 100^{cm^3} de bicarbonate d'ammonium à 5 pour 100 puis lavage avec 500^{cm^3} d'eau bouillante, le dosage de l'acide carbonique entraîné a donné environ :

CO^2 entraîné $= 0^g,012$, soit CO^2 entraîné pour $100 = 8,7$.

De même $0^g,134$ d'alumine en présence de 100^{cm^3} d'une solution de bicarbonate d'ammonium à 5 pour 100 pendant 24 heures a donné environ :

CO^2 entraîné $= 0^g,016$, soit CO^2 entraîné pour $100 = 11,9$.

Si du reste après avoir précipité $0^g,139$ d'alumine au sein d'une solution de chromate de potassium à 5 pour 100 par du bicarbonate d'ammonium

(conditions dans lesquelles l'entraînement est nul), on soumet le tout à l'ébullition pendant une heure de manière à chasser l'acide carbonique et l'ammoniaque, l'alumine fixe à nouveau l'acide chromique.

3° J'ai recherché si, dans le lavage avec les carbonates et les phosphates, l'alumine fixait aussi une partie des bases. En lavant avec les sels ammoniacaux, je n'ai pu caractériser la présence de l'ammoniaque dans le précipité, mais en lavant avec du bicarbonate de lithium, l'alumine, même après un lavage avec 500$^{cm^3}$ d'eau bouillante, donnait la flamme rouge du lithium, il semble cependant que la quantité de lithine fixée est moins importante que la quantité d'acide carbonique fixé.

Application. — Dans les analyses chimiques, il est donc suffisant de laver l'alumine avec une solution de bicarbonate d'ammonium pour la débarrasser complètement de l'acide chromique entraîné, l'acide carbonique et les sels ammoniacaux disparaissant à la calcination.

J'ai vérifié que l'alumine était insoluble à froid dans une solution de bicarbonate d'ammonium à 5 pour 100.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la préparation de diverses pinacones par action des organomagnésiens sur quelques méthylcétones α hydroxylées.* Note [1] de MM. R. LOCQUIN et SUNG WOUSENG, présentée par M. A. Haller.

Il n'existe actuellement aucun moyen d'obtenir avec certitude les α-glycols bitertiaires ou pinacones du type général

$$\begin{matrix} R \\ R' \end{matrix}\!\!>\underset{|}{C}-\underset{|}{C}<\!\!\begin{matrix} R'' \\ CH^3 \end{matrix}$$
$$\quad OH\ OH$$

dans lequel R, R' et R'' représentent des radicaux alcooliques absolument quelconques.

Or, nous avons tout dernièrement [2] indiqué qu'on peut aisément préparer les méthylcétones α hydroxylées de formule générale

$$RR' = C(OH) - CO - CH^3.$$

Il apparaît comme évident que, sous l'action des composés organomagnésiens, les oxycétones de ce genre doivent conduire aux pinacones

---

(1) Séance du 26 février 1923.

(2) R. LOCQUIN et SUNG WOUSENG, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 516.

en question :

$$RR' = C(OH) - CO - CH^3 + R''MgX \xrightarrow[\text{finalement}]{} RR' = C(OH) - C(OH).R''.(CH^3).$$

C'est ce que l'expérience vérifie pleinement.

Toutefois, il est nécessaire de prendre non seulement 2^{mol} de composé organomagnésien (comme le veut la théorie en raison de la présence d'une fonction alcoolique), mais encore une quantité notablement plus forte, pour compenser la faible capacité réactionnelle du groupement carbonyle de ces oxycétones.

Les meilleurs résultats nous ont été fournis en faisant tomber 1^{mol} d'oxycétone diluée dans deux ou trois fois son poids d'éther anhydre sur au moins 3^{mol} de magnésien dissous lui-même dans trois fois son poids d'éther et soumis à une agitation continuelle.

La réaction, extrêmement vive au début, se ralentit vers la fin. Il est avantageux de chauffer environ une heure, à l'ébullition de l'éther, quand l'addition est terminée.

Même en opérant de cette manière, nous avons toujours retrouvé, inaltérée, environ la moitié de l'oxycétone mise en jeu. Par contre, il ne se forme pas de goudrons.

Nos essais ont porté :

1° Sur l'éthyl-(3)-pentanol-(3)-one-(2) qui, sous l'action de C^2H^5MgI, nous a donné *l'éthyl-(3)-méthyl-(4)-hexanediol-(3.4)*

$$(C^2H^5)^2 = C(OH) - C(OH).(C^2H^5).(CH^3) \qquad (Eb_{11^{mm}} = 103^\circ\text{-}104^\circ).$$

2° Sur la propyl-(3)-hexanol-(3)-one-(2) qui, respectivement :

α. Sous l'action de CH^3MgI nous a fourni le *propyl-(4)-méthyl-(5)-hexanediol-(4.5)*

$$(C^3H^7)^2 = C(OH) - C(OH).(CH^3)^2 \qquad (Éb_{12^{mm}} = 110^\circ\text{-}112^\circ)$$

et fondant à la température de la main.

β. Sous l'action de C^3H^7MgI nous a donné le *propyl-(4)-méthyl-(5)-octanediol-(4.5)*

$$(C^3H^7)^2 = C(OH) - C(OH).(CH^3).(C^3H^7) \qquad (Éb_{19^{mm}} = 137^\circ\text{-}140^\circ).$$

3° Sur la tert. butyl-(3)-butanol-(3)-one-(2) qui, avec CH^3MgI, conduit au *tert. butyl-(2)-méthyl-(3)-butanediol-(2.3)*

$$(CH^3)^3 \equiv C - C(OH)(CH^3) - C(OH)(CH^3)^2 \qquad (Eb_{15^{mm}} = 99^\circ\text{-}100^\circ)$$

et fondant à la température de la main.

Toutes ces pinacones sont des liquides visqueux ou fondant à basse tem-

pérature et sans odeur caractéristique. Elles ne fournissent pas d'hydrates cristallisés au contact de l'eau.

Déshydratées par chauffage avec des acides minéraux étendus, elles peuvent conduire à des pinacolines intéressantes par leur mode de formation et par leur structure.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une transposition moléculaire dans la série du pseudobutyldiphénylcarbinol.* Note de Mme **PAULINE RAMART**, présentée par M. Haller.

Nous avons montré [1] que si l'on fait agir un mélange de chlorure d'acétyle et d'anhydride acétique sur le pseudobutyldiphénylcarbinol, la réaction se passe suivant l'équation

$$(C^6H^5)^2 = \underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}} - C \equiv (CH^3)^3 \quad \rightarrow \quad \begin{matrix}(C^6H^5)^2\\ CH^3\end{matrix}\!\!>\!C - \underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{C}} = (CH^3)^3 + \text{carbure}, \qquad (I).$$

A moins de supposer qu'il y ait eu échange entre un radical CH^3 et l'oxhydrile avec éthérification subséquente par HCl (ce qu'il est bien difficile d'admettre), le chlorure ne peut provenir que de la fixation de HCl sur le carbure préalablement formé.

Il était intéressant de rechercher si le carbure (I), qui accompagne toujours le chlorure, est le composé intermédiaire entre le carbinol et le chlorure, ou bien s'il résulte du départ de HCl de ce dernier.

Dans le premier cas on ne peut concevoir pour ce carbure que la structure triméthylénique (A); dans le deuxième cas, on peut envisager soit cette même structure, soit celle d'un composé à chaîne pseudoallylique (B)

$$(C^6H^5) = 2C \underset{\underset{\displaystyle CH^2}{\diagdown\,\diagup}}{-} C = (CH^3)^2, \quad (A). \qquad \begin{matrix}(C^6H^5)^2\\ CH^3\end{matrix}\!\!>\!C - \overset{\displaystyle CH^2}{\overset{\|}{C}} - CH^3. \quad (B).$$

Pour essayer d'élucider cette question nous avons préparé le carbure correspondant aux composés suivants, dont chacun a été obtenu par syn-

---

[1] PAULINE RAMART, *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 1182.

thèse :

$$(C^6H^5)^2 = \underset{\displaystyle OH}{C} - C(CH^3)^3, \qquad \begin{matrix}(C^6H^5)^2\\ CH^3\end{matrix}\!\!>C - \underset{\displaystyle OH}{C} = (CH^3)^2,$$

(II). (III).

$$(C^6H^5)^2 = \underset{\displaystyle Cl}{C} - C(CH^3)^3, \qquad \begin{matrix}(C^6H^5)^2\\ CH^3\end{matrix}\!\!>C - \underset{\displaystyle Cl}{C} - (CH^3)^3.$$

(IV). (V).

et voir auquel correspond le carbure (I).

Le carbinol (II) a été obtenu (1) par l'action du bromure de phénylmagnésium sur la triméthylacétophénone. L'alcool (III) résulte (2) de l'action de deux molécules d'iodure de méthylmagnésium sur l'éther éthylique de l'acide $\alpha\alpha$-diphénylpropionique. Les chlorures (IV) et (V) sont obtenus (3) en traitant les alcools correspondants (II) et (III) par le chlorure de thionyle.

Nous avons déshydraté les carbinols (II) et (III) par la chaleur en présence de terre d'infusoires, afin d'éviter la présence de composés acides. Quant aux chlorures ils ont été traités par la pyridine en tubes scellés, à la température de 120°.

Nous avons étudié chacun de ces carbures et nous avons constaté que leurs propriétés physiques et chimiques sont sensiblement identiques.

Action de HCl. — Si l'on fait passer très lentement à — 10° un courant d'acide chlorhydrique successivement dans chacun de ces carbures, en solution dans de l'alcool absolu, on obtient le chlorure (V) fondant à 110° et cela à peu près quantitativement.

Action du permanganate de potassium. — Cette action a été effectuée en milieu acide et en milieu alcalin, en solution aqueuse et en solution acétonique. La réduction du permanganate est extrêmement lente. Il se forme un peu d'acétophénone, un peu de benzophénone caractérisées par leur semicarbazone, et la plus grande partie du produit est régénérée sans que ses propriétés physiques ou chimiques aient été modifiées et cela quelle que soit l'origine du carbure.

Action du brome. — Traités par le brome en solution chloroformique, ils donnent tous les quatre un tribromure fondant vers 200° en se décomposant.

(1) PAULINE RAMART, *Annales de Physique et de Chimie*, t. 30, 1913, p. 18.
(2) PAULINE RAMART, *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 1183.
(3) *Loc. cit.*

La place nous manque pour donner ici toutes les constantes physiques de chacun de ces carbures. Nous indiquerons : leur densité, leur indice et leur réfraction moléculaire pour la raie D. Leur point d'ébullition est de 150° sous 10^{mm} et leur point de fusion varie de —14° à —12°.

	T.	D_4.	n_D.	RM_D.
Carbure dérivé du carbinol (II)	24°	1,0088	1,57462	72,7
Carbure dérivé du carbinol (III)	23,9	1,0080	1,57452	72,74
Carbure dérivé du chlorure (IV)	23,9	1,0077	1,57465	72,44
Carbure dérivé du chlorure (V)	23,1	1,0081	1,57140	72,4
Carbure régénéré de l'oxydation permanganique en solution acide du carbure (I)	23,1	1,0063	1,57518	72,95
Carbure régénéré de l'oxydation permanganique en solution alcaline du carbure (I)	23,9	1,0077	1,57485	72,61

La théorie pour $\frac{(C^6H^5)^2}{CH^3}\!\!>\!C - C\!\!<\!\frac{CH^2}{CH^3}$ soit $C^{17}H^{18}7|^{=}$ $RM_D = 73,03$.

La théorie pour $(C^6H^5)^2 = C - C = (CH^3)^2$ (avec pont CH^2) soit $C^{17}H^{18}6|^{=}$ et un cycle triméthylénique $RM_D = 72,03$.

La résistance à l'oxydation, la fixation de HCl dans les mêmes conditions sur les quatre carbures, fixation qui aboutit au même chlorure, nous permettent d'envisager l'identité de ces carbures avec le carbure (I) auquel nous sommes portés à attribuer la structure triméthylénique telle qu'elle ressort du schéma A. Nous poursuivons d'ailleurs cette étude et nous espérons donner bientôt une confirmation de notre hypothèse.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la séparation de l'oléate et du linoléate de méthyle par distillation fractionnée.* Note de M. **Émile André**, présentée par M. Charles Moureu.

Dans de précédentes Notes [1] nous avons indiqué comment nous avions retiré d'une huile de pépins de raisin trois groupes d'acides gras différents : acides solides, acides fluides, acides visqueux. Nous avons indiqué déjà la composition des acides solides. Dans la présente Note nous indiquons rapidement les résultats de nos recherches sur les acides fluides. Un premier examen par la méthode des dérivés bromés et par celle des

(1) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1296 et 1413; t. 175, 1922, p. 107.

dérivés hydroxylés nous avait permis de conclure qu'ils ne contenaient, en fait d'acides non saturés, rien autre chose que de l'acide oléique et de l'acide linoléique.

Nous avons pensé qu'il serait peut-être possible de séparer par distillation fractionnée les éthers méthyliques de ces deux acides. Huerre ([1]), qui s'est efforcé déjà de résoudre le même problème, avait conclu que la solution en était impossible. Un intérêt certain s'attacherait cependant à pouvoir préparer l'acide linoléique sans passer par son dérivé tétrabromé, comme l'ont fait divers auteurs([2]). Un acide qui possède, comme l'acide linoléique, deux liaisons éthyléniques dans sa molécule, peut exister sous quatre formes stéréoisométriques différentes et la bromuration, suivie d'une débromuration par le zinc, du bromure obtenu cristallisé et pur, peut évidemment ne pas respecter des isomères aussi faciles à transformer les uns dans les autres.

Nos premiers essais de séparation par distillation fractionnée de l'oléate et du linoléate de méthyle furent relativement encourageants. Les acides fluides d'une huile de pépins de raisin peu colorée, préparée par nous-même, mais dont nous ne possédions qu'une faible quantité, nous fournirent une petite quantité (7^g à 8^g) de linoléate de méthyle, presque pur, ayant pour indice d'iode 165,6, la valeur théorique étant 172,7. Nous avons ensuite utilisé comme matière première une huile préparée industriellement et de couleur beaucoup plus foncée. Nous avons effectué un très grand nombre de distillations sur les éthers méthyliques des acides fluides, chacune d'elles portait sur 50^g à 60^g environ, et nous opérions sous des pressions variant, suivant les cas, entre 1^{mm} et 3^{mm}. En général, il était obtenu 5 à 6 fractions, passant entre des écarts de température de 3° à 4°. L'indice d'iode de chaque fraction était déterminé; toutes celles qui avaient un indice d'iode voisin étaient réunies et distillées à nouveau. Parfois il arrivait qu'une partie du produit se polymérisait et qu'un résidu indistillable pesant 7^g à 8^g restait dans le ballon. En pareil cas, la dernière ou les deux dernières fractions bouillaient sensiblement plus haut que les précédentes et avaient un indice d'iode moins élevé. D'autres fois, au contraire, la distillation marchait d'une façon normale; il ne restait à peu près aucun résidu et les indices d'iode allaient croissant d'une fraction à l'autre. Nous donnons ci-après un exemple de chaque cas :

([1]) *Journ. Pharm. et Chim.*, 7e série, t. 4, 1911, p. 62.

([2]) ROLLET, *Zeits. f. physiol. Ch.*, t. 22, 1909, p. 410.

A. *Distillation normale.*

Produit distillé : Fractions réunies de distillations antérieures ayant un indice d'iode de 141, 142 et 143. — Pression : 2mm,5.

Fractions.	Points d'ébullition.	Indice d'iode.
1	172°-175°	135,6
2	175°	142,8
3	175°-176°	142,5
4	176°	144,0
5	176°-178°	150,1

B. *Distillation avec polymérisation.*

Produit distillé : Fractions réunies de distillations antérieures ayant un indice d'iode de 147 et 148. — Pression : 2mm.

Fractions.	Points d'ébullition.	Indice d'iode.
1	166°-170°	144,4
2	170°-171°	150,0
3	171°	152,4
4	171°-173°	146,5
5	173°-176°	144,0

Malgré une longue persévérance, il ne nous a pas été possible d'atteindre pleinement notre but, et nous n'avons pas réussi à dépasser des valeurs d'indice d'iode de 160 [théorie pour l'éther méthyl-linoléique 172,7 (1)].

Il a été beaucoup moins difficile d'extraire de l'oléate de méthyle des fractions à faible indice d'iode. En les réunissant et en les soumettant à de nouvelles distillations, nous avons pu obtenir une certaine quantité de produit dont l'indice d'iode était compris entre 92 et 95. Nous avons caractérisé l'acide oléique par une méthode fort élégante, due à Laurent (2) et tombée à peu près complètement dans l'oubli. Elle consiste à mettre en contact l'oléate de méthyle avec une petite quantité de nitrate mercureux pendant quelques heures; le liquide prend une légère coloration jaune, mais ne semble pas autrement modifié; on en retire cependant par saponification un acide solide qui, après une ou deux cristallisations dans l'alcool, fond à

(1) Deux chimistes allemands, Bauer et Heberts ont reconnu dernièrement (*Chemische Umschau f. Fett. Oel*, etc., juillet 1922) que l'élæostéarate de méthyle composé isomère du linoléate de méthyle, présente la même particularité. Ce produit préparé à partir de l'acide pur (cristallisé), distillé sous une pression de 35mm possédait un indice d'iode de 154 seulement.

(2) *Ann. Chim. Phys.*, t. 65, 1837, p. 102.

43° et possède un indice d'iode de 85,4 propriétés qui correspondent à celles de l'acide élaïdique.

En résumé, la séparation par distillation fractionnée de l'oléate et du linoléate de méthyle est très laborieuse. L'obstacle le plus sérieux à vaincre pour la réaliser est d'éviter la polymérisation du second de ces composés pendant la longue série de distillations fractionnées qu'il doit subir. Peut-être l'addition d'une petite quantité de composés phénoliques (antioxygènes de Moureu et Dufraisse) permettra-t-elle d'atteindre le but.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Décomposition des formamides aryliques. Nouvelle préparation des urées substituées.* Note [1] de M. **A. Mailhe**, transmise par M. Paul Sabatier.

On sait que les formamides arylées se préparent très facilement en chauffant pendant quelques instants les amines phénoliques avec l'acide formique. Ce sont des corps généralement stables; mais certaines d'entre elles subissent une légère décomposition lorsqu'on les distille à la pression ordinaire.

J'ai pensé que leur déshydratation pourrait être effectuée au contact de catalyseurs déshydratants, tels que l'alumine ou la thorine, à une température de 400° et conduirait à une carbylamine qui, ne pouvant exister à cette température, s'isomériserait en nitrile :

$$\mathrm{RNHCOH} = \mathrm{H^2O} + \mathrm{RNC}.$$
$$\mathrm{RNC} \rightarrow \mathrm{RCN}.$$

Lorsqu'on dirige des vapeurs de *formanilide*, C^6H^5NHCOH bouillant à 284°, sur de l'alumine chauffée à 400°, il se dégage, d'une manière permanente, un gaz constitué par de l'oxyde de carbone. On condense un liquide homogène qui ne contient pas d'eau; il bout de 183° à 210°. Traité par de l'acide chlorhydrique dilué, il se dissout presque entièrement. De la solution chlorhydrique, il surnage une très petite quantité de produit insoluble, à odeur d'amandes amères. Décanté, lavé à l'eau et soumis à l'ébullition avec de la potasse alcoolique, il se dégage de l'ammoniaque. C'est le *benzonitrile*.

Quant à la partie importante, soluble dans l'acide chlorhydrique, c'est de l'aniline.

---

[1] Séance du 26 février 1923.

La formanilide s'est décomposée au contact d'alumine de deux manières.

La première, la plus importante, a été une scission en aniline et oxyde de carbone :

$$C^6H^5NHCOH \rightarrow CO + C^6H^5NH^2.$$

La seconde est la réaction de déshydratation qui a donné naissance au nitrile. Quant à l'eau formée, elle a réagi en partie sur la carbylamine au fur et à mesure de sa formation pour donner de l'aniline et de l'oxyde de carbone selon la réaction :

$$C^6H^5NC + H^2O \rightarrow C^6H^5NH^2 + CO$$

et une autre portion, hydrate une petite quantité de formanilide,

$$C^6H^5NH\,CO\,H + H^2O \rightarrow C^6H^5NH^2 + H\,CO^2H,$$

et l'acide formique se détruit en partie en hydrogène et anhydride carbonique, que l'on trouve en petite quantité dans les gaz dégagés.

Il paraissait intéressant d'examiner l'action des catalyseurs métalliques sur les formanilides et de voir si elle ne conduirait pas à une simple séparation d'oxyde de carbone, avec régénération de l'amine phénolique. Lorsqu'on soumet les vapeurs de *formanilide* à l'action du nickel divisé à 340°-350°, il y a effectivement séparation d'oxyde de carbone. Mais, si l'on porte la température à 400°-410°, on constate que le dégagement gazeux est plus abondant. Le gaz a la composition suivante :

CO^2	26 pour 100
CO	48 »
H^2	26 »

On condense un liquide constitué par l'aniline; mais dans ce liquide baigne une grande quantité de cristaux, qui tapissent également le tube à dégagement. Essorés, lavés à l'éther pour les débarrasser de l'aniline qui les imprègne, puis redissous dans l'alcool chaud, ils forment par refroidissement de fines aiguilles soyeuses, brillantes, fondant à 235°. C'est la *diphénylurée symétrique*, $CO(NHC^6H^5)^2$. Sa formation est très aisée à expliquer. Une partie de la formanilide se scinde en oxyde de carbone et aniline; celle-ci réagit sur la formanilide non décomposée selon la réaction :

$$C^6H^5NH^2 + HCONHC^6H^5 = CO(NHC^6H^5)^2 + H^2.$$

On peut trouver une vérification de cette explication dans ce fait, que si les vapeurs de formanilide n'arrivent que très lentement sur le nickel, il se

forme peu de diphénylurée. La réaction de dédoublement en oxyde de carbone et aniline est alors prédominante. Au contraire, en catalysant rapidement les vapeurs de formanilide, l'urée formée provoque l'obstruction du tube à dégagement. La présence d'anhydride carbonique dans les gaz provient du dédoublement de l'oxyde de carbone, selon la réaction :

$$2\,CO = CO^2 + C.$$

Les formamides des trois toluidines se comportent rigoureusement comme la formanilide.

Au contact d'alumine à 400°, elles se dédoublent en régénérant la toluidine avec formation d'une très faible quantité de nitrile toluique.

En présence du nickel à 400°, elles subissent la même réaction de destruction en oxyde de carbone et toluidine, et celle-ci réagit sur la formotoluide en présence pour donner l'urée substituée.

L'*orthoformotoluide*, $C^6H^4\begin{cases} CH^3 \\ NHCOH, \end{cases}$ donne la *diorthocrésylurée symétrique*,

$$CO\left(\underset{(2)}{NH}.C^6H^4.\underset{(1)}{CH^3}\right)^2,$$

fondant à 243°.

La *métaformotoluide* fournit la *dimétacrésylurée symétrique*,

$$CO\left(\underset{(3)}{NH}.C^6H^4.\underset{(1)}{CH^3}\right)^2,$$

en aiguilles soyeuses, qui fondent à 203°.

La *paraformotoluide* donne la *diparacrésylurée symétrique*,

$$CO\left(\underset{(4)}{NH}.C^6H^4.\underset{(1)}{CH^3}\right)^2,$$

fondant à 241°.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Étude spectrale de la triboluminescence de quelques corps.* Note de M. **Henri Longchambon**, présentée par M. F. Wallerand.

J'ai indiqué dans une Communication précédente que le spectre de triboluminescence du saccharose dans l'air était identique au second spectre positif de bandes de l'azote.

Je fais connaître ci-dessous les résultats qu'une étude du même genre, effectuée dans les mêmes conditions, m'a donné pour quatre autres corps : l'acide tartrique, le sulfate de cadmium, l'azotate d'urane, la fluorine.

Acide tartrique. — Ce corps cristallise avec le même degré de symétrie

que le saccharose. Ses cristaux sont donc pyroélectriques. Brisés ils donnent une triboluminescence bleue dont le spectre est identique à celui donné par le sucre et paraît émis avec la même intensité.

Après 4 heures de pose on observe vingt-cinq bandes toutes attribuables au spectre de bandes de l'azote.

Sulfate de cadmium $SO^4Cd, \frac{8}{3}H^2O$. — Ce corps cristallise avec la symétrie complète du système monoclinique, et les cristaux produisent une triboluminescence bleuâtre. Le spectre de cette luminescence est encore le spectre de bandes de l'azote. Mais il est émis avec une intensité notablement plus faible que dans le cas du sucre et de l'acide tartrique.

Après 4 heures de pose on observe quatre bandes qui coïncident avec les quatre bandes les plus intenses du spectre de l'azote.

Nitrate d'urane $(NO^3)^2UO^2, 6H^2O$. — Il cristallise avec la symétrie complète du système orthorhombique. Les cristaux donnent une triboluminescence verdâtre dont l'analyse spectrale peut même être effectuée directement par l'œil placé à la lunette du spectroscope. On observe dans ces conditions la présence de quatre bandes vertes correspondant aux quatre bandes de fluorescence bien connues du nitrate d'urane.

Mais par la méthode spectrographique, après une pose de 6 heures, on constate la présence de quatre autres bandes coïncidant avec les quatre bandes les plus intenses du spectre de l'azote.

Il semble donc bien que pour ce corps le phénomène de triboluminescence soit au fond le même que pour les corps précédents. Mais le spectre de l'azote ainsi émis est très fortement absorbé par le nitrate d'urane qui le restitue sous forme de quatre bandes de fluorescence vertes auxquelles l'œil est particulièrement sensible. On sait d'ailleurs que la lumière d'un tube de Plücker à azote excite particulièrement bien la fluorescence des sels d'urane.

Fluorine CaF^2. — Cristaux cubiques à symétrie complète. Ces cristaux sont triboluminescents et très vivement thermoluminescents.

Le spectre de triboluminescence montre les six bandes les plus intenses du spectre de l'azote, et un fond continu commençant à la bande $\lambda = 0^{\mu},358$ et s'étendant jusqu'à l'extrême ultra-violet. Ce spectre est entièrement différent du spectre obtenu par thermoluminescence des mêmes cristaux comme j'ai pu m'en assurer en reproduisant ce dernier.

En résumé, pour ces cinq corps très différents, tant par leur constitution chimique que par le degré de symétrie de leurs cristaux, la triboluminescence s'est montrée être toujours due au même phénomène : une effluve dans l'azote ou dans l'air.

Il paraît très vraisemblable que pour les autres sels d'urane et pour bon

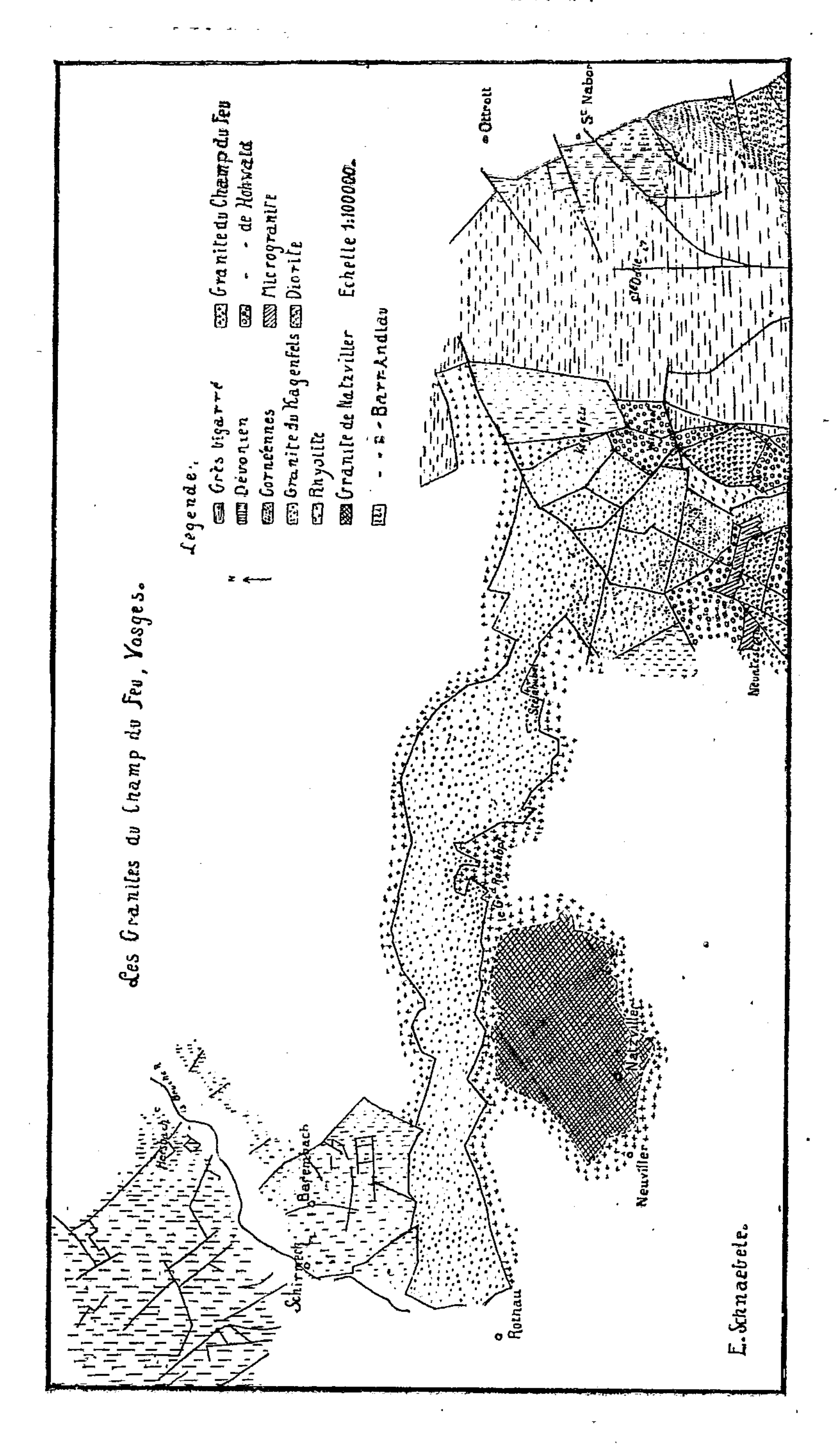
nombre de corps tels que le sulfure de zinc, les platinocyanures de baryum, de calcium, de magnésium, etc., qui ont une triboluminescence de même couleur que leur fluorescence, le phénomène est le même que pour le nitrate d'urane : la triboluminescence proprement dite est masquée par un phénomène secondaire de fluorescence.

GÉOLOGIE. — *Les granites du Champ du Feu (Vosges).* Note de M. E. SCHNÆBELÉ, présentée par M. Pierre Termier.

Le massif du Champ du Feu, d'une vingtaine de kilomètres carrés, se compose de différents granites qui se distinguent d'après leur aspect pétrographique, mais offrent des termes de passage. M. Bücking les a considérés comme un seul ensemble, toutefois en classant le granite de Natzviller (N) et celui du Kagenfels (K) comme plus jeunes que les autres, en raison d'apophyses envoyés du (N) dans le granite du Champ du Feu proprement dit (C) et de l'existence d'un faciès de bordure au (K). Des levés récents au $\frac{1}{25000}$ nous ont montré que l'étude de la structure de la région et des directions des filons éruptifs fournit de nouveaux arguments pour la chronologie de ces roches.

L'esquisse ci-après figure les différentes roches et leurs rapports. Le granite du Champ du Feu (C) n'est représenté que sur les bords; il occupe en réalité la partie de la figure laissée en blanc; (N) ressemble dans son développement au granite de Barr-Andlau (B). La bande du (K) traverse le tout. (B) est parsemé de filons de minette de direction générale N 20°-30° W; le granite de Hohwald (H) et (C) contiennent surtout des filons de rhyolite se dirigeant vers N 20°-30° W. (N) ne présente que des minettes et des microsyénites. (K) ne contient pas trace de ces roches; c'est plutôt lui-même qui a, dans son ensemble, l'aspect d'une énorme pegmatite, étant dans toute son étendue miarolitique. Quelques filons de pegmatite ou d'aplite s'y associent à des filons de quartz hydatogène; ceux-ci sont très rares dans les autres granites.

Le levé de la partie est de (K) a démontré que (K) est la roche éruptive la plus jeune de la région et limité à l'Est par des contacts tectoniques. A l'Ouest, le levé a été fait par MM. Bücking et Kallhardt, la bordure dévonienne par M. Wagner, qui a constaté que les limites du Dévonien vers (K) sont des limites tectoniques. Nous avons figuré toutes les limites de (K) comme limites tectoniques, étant frappé du fait que ces limites se composen


Les Granites du Champ du Feu, Vosges.
Legende.
Grès bigarré
Dévonien
Cornéennes
Granite du Hagenfels
Rhyolite
Granite de Natzviller
- - d'Barr-Andlau
Granite du Champ du Feu
- - de Hohwald
Microgranite
Diorite
Echelle 1:100000.
Ottrott
St Nabor
Natzviller
Neuviller
Rothau
Schirmeck
Barembach
E. Schnaebele.

non de lignes arrondies, mais de droites qui sont les directions de la seconde phase du plissement hercynien [1]. L'ensemble forme un fossé de direction W-E dans lequel le magma est monté et où les actions pneumatolytiques ont joué.

Dans sa carte, M. Wagner a fixé la zone de fracture de Donon-Schirmeck qui, ayant une direction NW-SE, coupe le Dévonien en deux [2]. Cette zone est représentée dans notre esquisse. Il est très frappant que le granite de Natzviller a la largeur de ce champ de fractures et qu'il tombe dans son prolongement au delà de (K). Voilà pourquoi nous admettons l'intrusion du (N) au moment de la formation du champ de fracture Donon-Schirmeck qui paraît continuer au delà de Natzviller et dont la limite NE est indiquée par un alignement de sources. M. Bücking [3] signale, le long de la limite est et ouest du (N), des microgranites et des rhyolites à structure lamellaire par suite de phénomèmes dynamiques pendant ou bientôt après l'injection de ces roches. Nous y voyons une preuve que le système de cassures qui a facilité l'intrusion du (N) a joué encore quelque temps après et que les microgranites et les rhyolites sortent du magma du (N). En nous rappelant la classification des filons éruptifs et des fractures N 20°-30° W dans la première phase du plissement hercynien, nous daterons le champ de fracture Donon-Schirmeck au début de cette époque et par conséquent aussi l'intrusion du (N). Les minettes dans (N) seraient contemporaines des minettes dans (B). D'autre part, l'analogie entre (N) et (B) permet de leur attribuer le même âge. Le champ de fractures Donon-Schirmeck est nettement coupé par le (K) qui est donc plus récent que (N). La surface d'abrasion du Permo-Carbonifère a atteint (K) à sa terminaison ouest; (K) est donc antérieur à l'abrasion. Les galets de granite dans le conglomérat de Russ appartiennent au moins au Dévonien moyen; (C) a métamorphisé du Dévonien moyen; il a donc probablement remplacé un granite qui le précédait. Le champ de fractures Donon-Schirmeck a donné accès au magma du (N). Les granites (C), (H), (N) et (B) étant traversés par des rhyolites ou des minettes, datés de la première époque du plissement hercynien, ont donc été en place au moment de leur injection; ils sont suivis probablement à la deuxième phase du plissement hercynien par (K) qui est antépermien.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 523.
(2) *Bull. Serv. Carte Géol. Als.-Lor.*, t. 11, 1922, p. 95.
(3) *Bull. Serv. Carte Geol. Als -Lor.*, t. 12, 1920, p. 305.

La succession des granites et des roches voisines du Champ du Feu est la suivante : 1° granite des galets de Russ et diorite; 2° granite du Champ du Feu avec ses faciès de bordure, granite de Hohwald et microgranite; 3° granite de Natzviller et de Barr-Andlau; 4° rhyolite en nappes et en filons; 5° granite du Kagenfels. Ce cycle s'est déroulé (à partir de 2) dans un temps relativement court, entre le Dévonien moyen et le Carbonifère. Cette chronologie concorde avec celle des auteurs.

GÉOLOGIE. — *Essai de coordination et origine des unités structurales pyrénéo-provençales dans le sud-ouest des Alpes-Maritimes.* Note de MM. **Léon Bertrand** et **Antonin Lanquine**, présentée par M. Pierre Termier.

Dans deux Notes récemment publiées (¹) nous avons montré : 1° le prolongement vers le Nord, sous l'ensemble charrié que nous avions appelé nappe du Cheiron, des *duplicatures* enracinées, précédemment suivies à l'est de Grasse; 2° la division de la masse supérieure de terrains secondaires charriés en deux séries superposées et non enracinées : la *nappe de l'Audibergue* et la *nappe du Cheiron*.

Les faits que nous avons énoncés ainsi et rapprochés de nos anciennes observations permettent maintenant de coordonner les accidents tectoniques de la région située à l'ouest du Var avec plus de précision que nous ne l'avions fait antérieurement (²).

La coupe ci-contre montre, pour la partie moyenne de cette région, un peu à l'est du méridien de Grasse, les relations géométriques des nappes et duplicatures définies dans les deux Notes précédentes. Les détails donnés dans la première de ces Notes permettent d'ailleurs de constater que ces relations restent approximativement les mêmes en arrivant au Var : le front de la nappe du Cheiron aboutit un peu en amont du pont Charles-Albert, le front de la duplicature supérieure au confluent de l'Estéron et du Var; au sud du Broc, au-dessous de la nappe de l'Audibergue dont le Jurassique

---

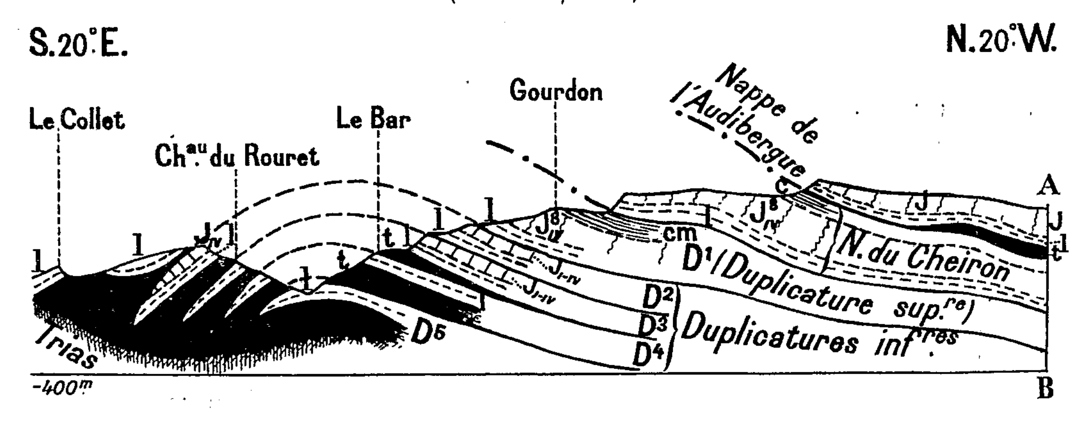
(¹) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 399 et 521. (*N. B.* : A la page 521, ligne 11, lire 600^m au lieu de 60^m.

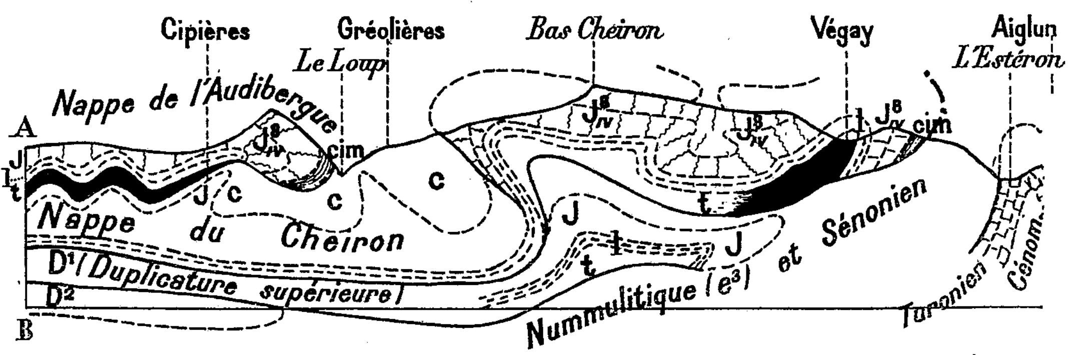
(²) Léon Bertrand et Antonin Lanquine, *Charriages pyrénéo-provençaux et mouvements alpins à l'ouest de la vallée du Var* (*Bull. Serv. Carte Géol. France*, t. 23, n° 136, *C. R. Collab.*, 1914, p. 179-188).

Léon Bertrand et Antonin Lanquine, *Nouvelles observations sur la tectonique du sud-ouest des Alpes-Maritimes* (*Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 1460).

est complet, la nappe du Cheiron se lamine en ne conservant que les termes de l'Oolithique inférieur au-dessus de l'Hettangien. De même, la duplicature supérieure, avec une série secondaire complète au voisinage de sa charnière, se réduit aux seuls termes : Hettangien, Rhétien, Trias avant d'atteindre

Coupe structurale des unités pyrénéo-provençales depuis l'est de Grasse jusqu'au front du Cheiron (Échelle : 1/80000ᵉ).





LÉGENDE : t, Trias; l, Rhétien et Hettangien; J_{I-IV}, calcaires de l'Oolithique inférieur; J_{IV}^{8}, série jurassique complète; cim, Crétacé inférieur et moyen; cm, Crétacé moyen; c, Crétacé complet.

le Broc. De même, les duplicatures qui apparaissent au-dessous, très laminées, ne comprennent encore que de l'Hettangien, du Rhétien, du Trias.

Dans la région que nous avons autrefois qualifiée de « provisoirement autochtone », au sud de Saint-Jeannet et de Tourrette-sur-Loup, le Jurassique supérieur, simplement ondulé avec quelques lambeaux crétacés et synclinaux nummulitiques, forme, à vrai dire, le dos de la duplicature la plus élevée.

Rappelons ici que, depuis les escarpements de la rive gauche du Loup, sous Courmettes, jusqu'au nord de Vence, les mollasses miocènes sont pla-

quées à la fois sur cette duplicature supérieure et contre le bord des grandes nappes antérieurement érodées.

Ce Miocène présente seulement de faibles plis en genou, soulignant le caractère de simples répercussions alpines que nous avons indiqué dans cette partie méridionale des grandes unités.

Dans le cañon du Loup, entre Gourdon et Courmettes, la duplicature supérieure montre tous les termes de l'Oolithique jusqu'aux Calcaires Blancs. Par contre, dans la fenêtre du Loup moyen, près de leur enracinement, les duplicatures ne présentent que les termes les plus inférieurs du Jurassique. La zone d'enracinement même montre une succession de synclinaux pincés et aigus, composés seulement d'Hettangien, Rhétien et Trias gypseux, qui plongent fortement au Sud sous la série du Collet-Châteauneuf couronnée par le Bajocien. Avant Grasse, ces synclinaux se terminent successivement à l'est et au-dessus de la dépression du Plan de Grasse, avec une incurvation des contours très accentuée au Sud, résultant du plongement général de ces plis isoclinaux.

Si les duplicatures dont nous avons reconnu la succession et dénombré les racines peuvent être identifiées jusque-là, par contre il n'y a pas d'équivalent visible de la 5e série, la plus basse, au sud de Grasse. La série triasique du bas de Grasse, qui forme plus à l'Ouest la couverture et le bord septentrional du Tanneron, se montre comme le prolongement de notre quatrième série inférieure.

Il importe de rappeler ici, également, que le Nummulitique recouvert par les termes jurassiques de ces unités tectoniques s'arrête au Priabonien, les dédépôts arénacés de l'Oligocène restant au nord de la zone frontale du Cheiron.

Au delà du Rouret, vers le Sud et le Sud-Est, la série jurassique inférieure et triasique de la duplicature supérieure se continue par un régime simplement ondulé, dans lequel ne peuvent se trouver les racines des deux nappes supérieures. Nous ne reviendrons pas ici sur les caractères stratigraphiques dont nous avons indiqué ailleurs les différences pour le Crétacé des diverses unités. Les données que nous avons rassemblées et coordonnées assignent à tout cet ensemble tectonique et, en particulier, aux unités supérieures une direction générale et un sens de charriage pyrénéo-provençaux. Il est donc nécessaire d'admettre, pour la nappe de l'Audibergue et pour celle du Cheiron, non enracinées, une origine probable au Sud, dans une zone qui formait aire synclinale au Crétacé, tout au moins, et située au delà de l'Esterel et de la région d'Antibes, sur l'emplacement actuellement occupé par la Méditerranée.

GÉOLOGIE. — *Rapports tectoniques des gneiss et du terrain houiller dans le Morvan septentrional.* Note de M. **Pierre Bonnet**, présentée par M. Pierre Termier.

On a admis jusqu'à présent que les manifestations des mouvements hercyniens les plus septentrionales du Massif Central, auxquelles est due la formation de la bande houillère de Sincey-les-Rouvray, ont été précédées et probablement aussi suivies d'épanchements de porphyres pétrosiliceux, mais que les gneiss étaient ici comme partout dans le Massif central, d'origine antérieure au Carbonifère; et pour expliquer la situation qu'ils occupent en certains points, où l'on doit les traverser pour atteindre le Houiller, on a eu recours à l'idée de synclinaux houillers pincés et déjetés, encastrés dans la masse cristallophyllienne.

Les observations que j'ai faites récemment pour la révision de la feuille *Avallon* au $\frac{1}{80000}$ m'ont amené à proposer une interprétation tectonique différente. *Le Houiller ne semble pas former un synclinal pincé, d'affleurement géométriquement rectiligne et continu, mais un chapelet de dômes allongés, alignés, et enveloppés dans une masse gneissique qui les recouvrirait.*

En effet, l'étude de cette bande carbonifère m'a montré les affleurements de Houiller comme apparaissant uniquement dans les gorges, sous forme de boutonnières, toujours enchâssés dans le gneiss; ils affectent l'allure de flancs d'anticlinaux crevés, avec un noyau granulitique au centre. La succession peut se résumer ainsi de bas en haut : 1° granulite; 2° poudingue à éléments de granulite et ciment souvent charbonneux; 3° grès avec intercalations de houille; 4° houille; 5° gneiss.

Ailleurs, soit entre ces affleurements lenticulaires, soit au nord de l'ensemble de la bande, le gneiss seul est visible, et pour atteindre le Houiller, l'on doit creuser cette couverture gneissique, ce qui implique l'enfoncement du Houiller vers le Nord. L'ancienne conception de synclinaux pincés, idée déjà combattue d'ailleurs par M. L. de Launay (¹) pour un certain nombre de bassins, ne paraît plus correspondre à la réalité des faits observés.

Or, étant donné l'antériorité évidente du gneiss par rapport au Houiller,

(¹) Etudes sur le Plateau Central : IV. *L'allure probable du terrain houiller entre le Plateau Central et les Vosges* (*Bull. Serv. Carte Géol. Fr.* n° 138, 1919, p. 24).

la superposition du premier au second est nécessairement anormale. C'est ainsi que j'ai été amené à me demander si cet ensemble de gneiss, qui forme la bande de Chastellux, ne représenterait pas une nappe de terrains métamorphiques, reposant sur le Houiller autochtone du bassin de Sincey, dont les affleurements seraient autant de *fenêtres*.

En effet, le contact du gneiss avec le Carbonifère ne montre pas cette intimité stratigraphique qui s'observe au contact de la granulite avec ce même terrain : il présente les caractères d'un contact mécanique, s'opérant par l'intermédiaire d'un ensemble de roches écrasées, schistes séricitenx, etc. (« talcschistes » et « protogine » de Raulin). De plus le Houiller de Sincey montre un écrasement et un laminage intenses qui ont déterminé les caractères spéciaux du charbon de ce bassin.

Quant à l'hypothèse que les gneiss, au lieu d'être ici antérieurs au Houiller, comme dans les autres bassins à substratum gneissique, pourraient représenter un Permien métamorphisé sur place, par-dessus le Houiller, elle est tout à fait invraisemblable. Des lambeaux de Carbonifère non métamorphique ne pourraient s'être conservés au-dessous d'une série plus récente métamorphique ; et nulle part dans le Massif Central on n'a observé de passage latéral entre le gneiss et une formation sédimentaire post-stéphanienne. Le métamorphisme ne semble par avoir dépassé le sommet du Tournaisien.

GÉOLOGIE. — *Sur la constitution au Jurassique à Torrelapaja et Bordejo (chaîne Celtibérique, provinces de Saragosse et de Soria, Espagne).* Note de M. **Henry Joly**, présentée par M. Pierre Termier.

Le Jurassique, complet, tout au moins du Charmouthien au Kimméridgien, dans la région du Jalon ([1]), présente à l'Ouest des modifications très importantes.

J'ai pu observer en trois points différents, près de Torrelapaja et de Bordejo, des successions stratigraphiques très nettes, allant de l'Infralias au Crétacé. On peut les résumer ainsi :

Crétacé	Sables, grès et cailloutis versicolores, alternant avec des argiles et renfermant, près de la venta de Torrelapaja, des fossiles du Crétacé.

([1]) H. Joly, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 519.

Portlandien, Kimméridgien et *Séquanien.*	Calcaires jaunâtres, compacts, avec *Perisphinctes rotundus* Sowerby, *P. Eumelus* d'Orbigny, *Rhynchonella inconstans* Rœmer, *Rh. lacunosa* Rœmer, *Waldheimia humeralis* Rœmer, *Terebratula gutta* Quenstedt, *T. semiglobosa* Quenstedt. Calcaires compacts et oolithiques à Térébratules : *T. insignis* Schubl., *T. bisuffarcinata* Schlotheim, *Rhynchonella inconstans* Rœmer, et quelques Oursins indéterminables, ainsi qu'un *Apiocrinus*. Calcaires et calcaires marneux à nombreux Brachiopodes : *Waldheimia humeralis* Rœmer, *Rhynchonella lacunosa* Rœmer, *Rh. trilobata* Rœmer, *Pholadomya paucicosta* Rœmer.
	Grès blancs et jaune-brun. Calcaires oolithiques en plaquettes.
Toarcien..........	Alternance de calcaires roux et de calcaires marneux roux du Toarcien, avec des marnes jaunes fossilifères, les marnes devenant bientôt prédominantes. *Lillia* sp., *Hammatoceras* sp., *Hildoceras* du groupe de *H. Levisoni*, *Coeloceras crassum* Phillips, *Hudlestonia* sp., *Grammoceras* sp., *Rhynchonella tetraedra* Sowerby.
	Calcaires gris.
Charmouthien.....	Calcaires noduleux et lits de nodules dans des marnes grises. *Pleuromya unioïdes* Rœmer, et Bélemnites.
	Ces couches passent insensiblement à des argiles et des grès avec couches de lignites qui doivent être rapportées à l'Infralias. Assise puissante de calcaires avec quelques rares fossiles liasiques.
Trias..............	Marnes versicolores du Trias.

Les étages nettement reconnus dans cette série sont donc : le Lias inférieur représenté en partie par un faciès subcontinental ou lagunaire particulier, le Toarcien, puis les étages du Jurassique supérieur : Séquanien, Kimméridgien et Portlandien.

Un premier résultat de l'observation de cette succession est de faire ressortir la présence du Jurassique supérieur dans cette région. Ce fait n'avait pas été signalé jusqu'à présent, et la Carte géologique d'Espagne la plus récente, celle de l'Institut géologique à l'échelle de $\frac{1}{1500000}$, ne donne, dans la région de Torrelapaja, que la teinte du Lias.

Ainsi l'extension des étages les plus supérieurs du Jurassique est donc très vaste; elle dépasse largement vers le Nord-Ouest la vallée du rio Jalon où j'ai montré que le Portlandien n'est pas connu (*loc. cit.*).

Un deuxième résultat est la constatation de l'absence des couches du Médiojurassique jusqu'au Lusitanien moyen inclus. Les couches lusitaniennes à Perisphinctes et à Spongiaires, équivalentes des couches de Birmensdorf, si riches en Ammonites à la Almunia et à Ricla, sont totalement absentes ici; et cette absence ne peut être attribuée qu'à une lacune importante de la série sédimentaire. J'ai pu observer, en effet, la disposition et la succession des couches, d'une façon trop nette pour que l'on puisse songer à expliquer la lacune par une cause tectonique. Il eût fallu, au surplus, qu'un tel accident se répétât, exactement, en deux points non situés sur le même pli.

La lacune importante du Jurassique aux environs de Torrelapaja est un fait très intéressant par les conclusions que l'on peut en tirer pour les recherches de paléogéographie : on se trouve là dans un bassin nouveau, situé au sud-ouest de la Sierra de Moncayo, sur le versant nord de laquelle se prolonge tectoniquement la bande jurassique de la Almunia.

D'autre part, Chudeau et Larrazet nous ont appris que, sur le pourtour de la Sierra de la Demanda, le Jurassique se termine au Callovien moyen qui, lui-même, n'existe pas partout. De plus, Larrazet fait remarquer que le Jurassique de la province de Burgos appartient, comme celui de l'Aquitaine et celui d'une partie du Portugal, au type de l'Europe australe ou occidentale et non au type méditerranéen.

Mes observations permettent de préciser l'extension des mers et des faciès jurassiques en Aragon, et de relier nos connaissances sur cette province à celle des provinces voisines et du reste de l'Europe :

1° La mer aragonaise, connue à peu près exactement au Lias, s'est retirée pendant le Jurassique moyen et le Jurassique supérieur de la région de Torrelapaja (confins des provinces de Soria et de Saragosse), tout en restant plus étendue vers l'Ouest qu'on ne le pensait précédemment, dépassant dans cette direction la vallée du rio Jalon.

2° Au Kimméridgien et au début du Portlandien, la mer est réapparue sur toute la région, y compris celle de Torrelapaja, mais les sédiments ne présentent pas le faciès tithonique.

En résumé, dans la région de Torrelapaja, il y aurait eu émersion depuis le Bajocien jusqu'au Séquanien approximativement.

MÉTÉOROLOGIE. — *Le mistral sur la côte de Nice.*
Note de M. E. **Bénévent**, présentée par M. Deslandres.

Il est exact que le mistral ne souffle, sur la côte de Nice, ni avec la même violence, ni avec la même fréquence qu'à travers la Basse-Provence. Il est certain aussi que cette circonstance est pour beaucoup dans les différences de température que l'on constate entre Nice et Marseille pendant la saison froide. Mais on a voulu voir là une question d'abri. On a signalé en particulier l'obstacle que pourraient offrir aux vents d'W et de NW (les deux directions du mistral à Nice) des montagnes telles que les Maures et l'Estérel. Or, sans insister sur l'altitude bien médiocre de ces massifs, l'expérience montre que le mistral souffle fréquemment et parfois avec violence sur le rivage des Maures et de l'Estérel : par conséquent, ces hauteurs une fois franchies, aucun obstacle important ne saurait désormais arrêter l'écoulement de l'air vers Cannes et Nice. D'ailleurs, comment n'a-t-on pas remarqué aussi que ces massifs, situés au SW de Nice, ne peuvent guère se trouver sur le parcours d'un vent qui arrive à Nice entre W et NW? Lorsque le mistral *doit souffler* sur la côte de Nice, l'écran des Maures et de l'Estérel est inopérant.

L'erreur que l'on a commise est d'avoir voulu chercher un obstacle au mistral pour expliquer le privilège dont bénéficie la région de Nice. Vouloir trouver un obstacle au mistral, c'est supposer que ce vent *doit* souffler à Nice quand il souffle à Marseille. Cette théorie présuppose donc que les conditions barométriques sont simultanément les mêmes à Marseille et à Nice. Or il n'en est rien : quand le mistral ne souffle pas à Nice, alors qu'il sévit à Marseille, ce n'est point que les Maures et l'Estérel, ou d'autres montagnes, l'aient arrêté, *c'est que les conditions barométriques sont telles à Nice qu'il ne doit pas y souffler.* L'étude comparée des observations quotidiennes des Observatoires de Marseille et de Nice m'a amené aux conclusions suivantes :

1° On sait que le mistral souffle sur la Basse-Provence dès qu'un centre cyclonique, si faible soit-il, se déplace vers le golfe de Gênes, à l'est de Marseille. Presque toujours à ce moment un anticyclone s'avance sur l'Espagne, le golfe de Gascogne et même sur la France centrale : le mistral acquiert alors à Marseille une plus grande force. Du moins est-ce là l'opinion la plus généralement admise. La dépression barométrique se rend

ordinairement sur le golfe de Gênes, où elle persiste plus ou moins longtemps avant de se combler ou de reprendre sa marche vers la Méditerranée orientale ou les Balkans. Pendant tout ce temps, le mistral ne cesse de souffler à Marseille situé à l'arrière de la dépression. A Nice, au contraire, puisque le centre cyclonique passe au sud de la ville, le vent tourne peu à peu du SE à l'E et au NE. Je signale de ce cas très fréquent le magnifique exemple des 1er, 2 et 3 avril 1912 : le mistral a soufflé à Marseille avec une violence inusitée (17^m à 24^m à la seconde pendant la plus grande partie de la journée du 2), alors que le vent tournait à Nice du SE à l'E à mesure que la dépression barométrique s'avançait vers le golfe de Gênes, puis au NE lorsqu'elle s'éloignait vers les Balkans. Ainsi, *lorsque les minima barométriques se déplacent selon cette trajectoire, leur position est telle que le mistral ne doit pas souffler à Nice*. L'abri n'a donc pas à intervenir dans le débat.

2° Il arrive souvent aussi que le centre cyclonique venu du Lion suive une autre trajectoire, qu'il parvienne *sur la plaine du Pô* soit par les Alpes méridionales, soit après avoir traversé le golfe de Gênes. Dans ce cas encore le mistral souffle en permanence à Marseille, mais avec une tendance à s'incliner davantage vers l'W-NW. Si le centre cyclonique se rend dans la plaine du Pô par les Alpes du Sud, le vent à Nice tourne du SE au SW par le Sud : *pas de mistral*. Si, au contraire, le centre monte dans la plaine du Pô en venant du golfe de Gênes, le vent tourne rapidement à Nice de l'E au SW par le Nord : il y a donc un moment, ordinairement très court, où le vent est à l'W. Lorsque cette direction W n'est pas indiquée dans les publications de l'Observatoire, c'est que le passage du vent à l'W s'est opéré pendant l'intervalle de 3 heures qui sépare deux observations, ou encore qu'elle est remplacée par la notation « calme » : *donc coup de mistral court et parfois nul*. Enfin, après un délai plus ou moins long, la dépression cyclonique du Pô reprend sa route vers l'Est. Ce n'est que lorsqu'elle arrive sur le Bas-Pô qu'à Nice le vent passe du SE à l'W et même au NW ; mais ce coup de mistral est rarement de longue durée, soit que le centre cyclonique s'éloigne rapidement vers les Balkans, soit que d'autres influences aient déjà de nouveau orienté Nice vers le Lion. *Ainsi le mistral ne souffle à Nice que lorsqu'un centre cyclonique s'éloigne vers le Pô inférieur, ou encore lorsqu'il oscille entre le golfe de Gênes et la plaine du Pô. Même dans ce dernier cas, le mistral est parfois remplacé par un temps calme, non point à cause de l'obstacle des montagnes, mais parce que le minimum barométrique opère son mouvement d'oscillation vers la plaine du Pô en passant*

à très peu de distance de Nice. Les journées des 3 et 4 février 1922 sont un excellent exemple d'un violent coup de mistral à Nice : un centre cyclonique se tient en permanence quelque part vers l'Émilie. Il est piquant de remarquer que ces jours-là le coup de vent fut plus modéré à Marseille.

Je conclus : si la côte de Nice ne connaît guère le mistral, elle le doit, non point à l'abri, mais *à son heureuse situation par rapport aux trajectoires des minima barométriques*. On remarquera que le résultat de mes recherches sur le mistral dans la région de Nice concorde beaucoup plus avec la théorique classique de l'origine de ce vent qu'avec la thèse que M. Gazaud a fait exposer devant l'Académie dans sa séance du 27 juillet 1914 (¹).

MÉTÉOROLOGIE. — *L'hydrogène triatomique et les dépressions.* Note (²) de M. **Joseph Lévine**, présentée par M. Bigourdan.

Ainsi que je l'ai montré dans mon Atlas météorologique de Paris (³), les *dépressions*, dont on ignore encore l'origine, exercent une action prépondérante sur le temps qu'il fait dans nos régions.

Dans un article, que j'ai publié au commencement de l'année courante (⁴), je disais que, par suite de l'insuffisance des hypothèses actuelles sur les dépressions, qui n'envisagent, comme origine probable, que des causes thermiques ou mécaniques — comme on ne saurait, d'ailleurs, se passer d'une hypothèse pour diriger les recherches — il y avait lieu de tenir compte du rôle que pouvait jouer *l'électricité atmosphérique*.

La propagation d'effluves électriques dans les couches supérieures de l'atmosphère est rendue visible par les aurores polaires, dont la hauteur maximum, d'après les mesures faites jusqu'ici par Störmer, atteint au moins 607^{km}. Le froid qui règne dans les hautes régions est extrêmement favorable à la condensation de l'oxygène en *ozone;* le vide local, qui en résulte, peut constituer la cause première de l'appel d'air. On pourrait donc assimiler la marche d'une dépression à la propagation d'un effluve électrique ozonisant. Fabry et Buisson (⁵) ont découvert par la méthode spectroscopique, à une grande altitude, des masses considérables d'ozone,

(¹) *Comptes rendus*, t. 159, 1914, p. 335.

(²) Séance du 19 février 1923.

(³) *Atlas météorologique de Paris*, 1921, p. 7.

(⁴) *La Nature*, 14 janvier 1922, p. 21.

(⁵) *Journal de Physique*, juillet 1921.

équivalant à une couche de 3^{mm}, mesurée sous la pression atmosphérique, soit 40 fois plus qu'on n'en a trouvé à Paris (Montsouris), 10 fois plus qu'aux grands Mulets (mont Blanc). La quantité d'ozone peut varier considérablement d'un jour à l'autre, sans qu'on ait pu encore déterminer la loi de ses variations.

L'oxygène n'est pas seul à pouvoir se contracter; examinons, en effet, le cas de l'hydrogène.

Par suite de sa grande légèreté, l'hydrogène constitue déjà, à l'altitude de 80^{km}, les deux tiers de l'atmosphère; aussi, il me paraît intéressant à signaler que la contraction de l'*hydrogène* en molécule *triatomique* H^3, analogue à O^3, découverte par J.-J. Thomson, par l'analyse des rayons positifs, a été constatée par Wendt et Landauer (¹) sous l'action ionisante de la décharge électrique. Si l'hydrogène triatomique paraît peu stable, cela peut provenir des conditions dans lesquelles l'expérience est faite; il en est, d'ailleurs, de même pour l'ozone.

Je crois, par conséquent, nécessaire d'élargir ma formule :

Les dépressions sont produites probablement par la propagation d'effluves électriques, qui créent un vide local, en condensant respectivement l'hydrogène et l'oxygène de l'atmosphère en hydrogène triatomique et en ozone.

La marche des dépressions paraît être réglée par la *conductibilité électrique* qu'elles trouvent à leur base; c'est pourquoi elles suivent le long des Iles Britanniques et de la Scandinavie le courant du Gulf-Stream et s'évanouissent en pénétrant en Norvège.

Les *effluves électriques*, émanant surtout des pôles ou des points élevés, constituent sur la Terre des feux Saint-Elme, deviennent ensuite invisibles dans la première partie de leur trajet, comme dans la région sombre de Faraday des tubes à vide, et apparaissent plus haut comme des rayons de l'aurore. On peut, je crois, trouver une analogie profonde entre les stries parallèles des cirrus.

La liaison intime qui existe entre les effluves électriques, qui illuminent le ciel des couleurs des aurores polaires, et le *magnétisme terrestre*, permettra de suppléer à l'étude des premières, difficilement accessibles, par des recherches sur le magnétisme terrestre et, en particulier, sur ses perturbations, qui constituent des phénomènes extrêmement nets et peuvent être mesurés d'une façon très précise (²).

(¹) *Journal de Physique*, mars 1922, p. 78 D.

(²) *La Nature*, 24 juin 1922, p. 394.

BOTANIQUE. — *Influence de la hauteur d'eau météorique pendant la « période critique » du blé sur le rendement.* Note (¹) de M. J. **Beauverie**, présentée par M. L. Mangin.

L'eau est le premier aliment de la plante, elle est nécessaire aux diverses réactions du métabolisme. La quantité et l'opportunité de l'eau conditionnent la récolte. Le moment où la plante a le plus besoin d'eau a été qualifiée de « période critique » par Azzi. C'est, pour le blé, la période des trois décades précédant l'épiage et de celle qui l'accompagne. Chaque plante doit avoir sa période critique, mais l'époque varie, cela va sans dire, suivant l'espèce. Il y a là, en tout cas, un sujet d'étude de grande importance tant au point de vue biologique qu'au point de vue agricole.

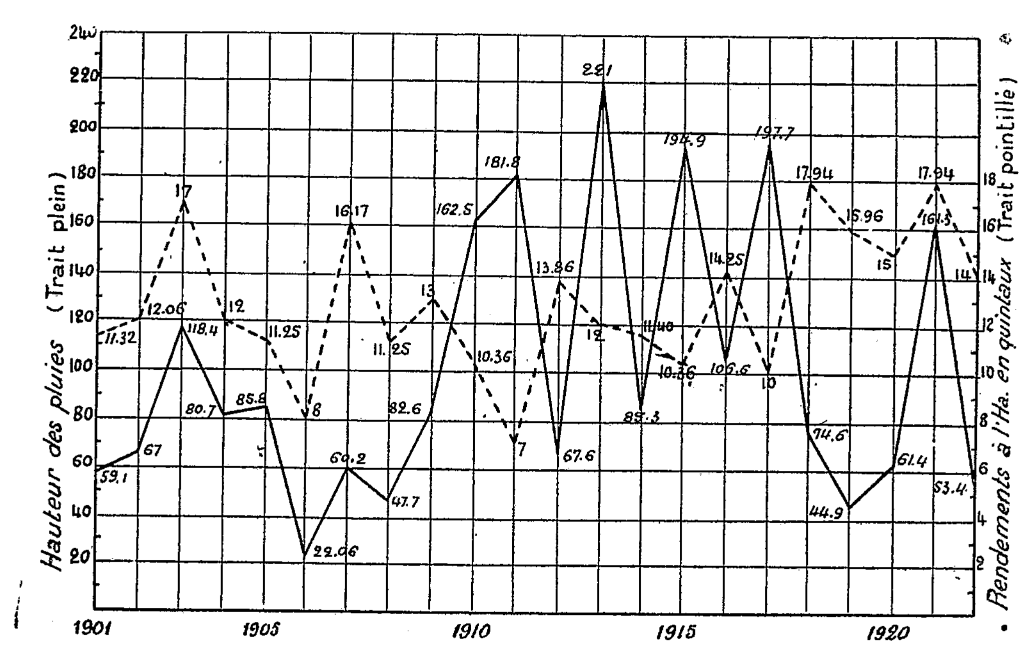
Nous avons cherché à nous rendre compte, pour une région pas trop étendue (département du Puy-de-Dôme), des fluctuations concomitantes de la hauteur des pluies pendant la période critique, et du rendement du blé à l'hectare durant une période de 21 années (1901-1922). Il nous a fallu calculer les hauteurs de pluies par décades pendant ces 21 années. Ce long travail est une entrave pour ce genre de recherches; il y aurait intérêt à ce que les résumés publiés par les Observatoires fussent décadaires au lieu de mensuels.

Les résultats sont traduits par les polygones ci-après. On constate facilement que la ligne des rendements suit celle des pluies, mais qu'au delà d'une certaine hauteur de pluie il y a chute, plongeon, de la courbe des rendements. Il existe donc un optimum relatif à la quantité d'eau pendant la période critique; il paraît compris entre 70^{mm} à 140^{mm} (et même 160^{mm} si le reste de l'été doit être extrêmement sec comme en 1921) pour la région étudiée ici. Toutefois nous voulons plus attirer l'attention sur les rapports constants et certains entre les deux polygones que donner des chiffres avec une précision que ne comportent pas nos statistiques.

En effet beaucoup d'éléments d'appréciation influant sur le rendement nous ont manqué : les gelées, l'eau avant et après la période critique, les maladies diverses (les maladies cryptogamiques, notamment les rouilles, doivent d'ailleurs être elles-mêmes en rapport avec les caractères de la période critique; il y a là une question d'un haut intérêt dont l'étude doit

(¹) Séance du 26 février 1922.

être entreprise), les progrès de la culture (la ligne des rendements marque une lente ascension). Si nous considérons l'année 1921, si remarquable, nous constatons que les rendements ont été les plus beaux alors qu'il n'est tombé aucune goutte d'eau depuis la fin de la période critique jusqu'à la moisson. L'eau n'est donc pas nécessaire au delà de la période critique lorsque celle-ci en a présenté une quantité suffisante; elle ne pourrait qu'être nuisible.



Pour serrer la question de plus près, expliquer les quelques anomalies que le graphique laisse apparaître (1919), il eût donc fallu posséder tous ces éléments d'information; on pourra les recueillir à l'avenir. Il est peut-être d'autant plus intéressant de constater les rapports des deux courbes que les facteurs omis n'auraient pu, vraisemblablement, que les accentuer.

Il ne s'agit, en somme, que d'un premier essai, qu'il serait intéressant de reprendre pour un département plus homogène. (Nos chiffres sont cependant conditionnés surtout par la Limagne.)

Les connaissances sur l'influence de la période critique nous apparaissent de nature à guider sur le choix des variétés ou lignées de blés dans les diverses régions : dans notre département, par exemple, leur épiage devra coïncider avec le début de la première décade de juin, qui présente dans son ensemble des probabilités de sécheresse trop grandes et les suivantes. au

contraire, des probabilités d'humidité trop considérables [1]; ces connaissances peuvent servir dans l'utilisation des cartes mensuelles des pluies en France de M. Angot en vue de l'étude de l'extension possible de la culture du blé; elles peuvent permettre de prévoir, dès l'épiage, dans une large mesure, quels pourront être les rendements en blé.

L'agriculture n'a pas assez dirigé son effort vers l'appropriation de l'eau, qui est cependant le rendement qui tient tous les autres sous sa dépendance. L'avenir est vers la maîtrise de l'eau!

En résumé, le polygone des rendements du blé dans le département du Puy-de-Dôme, au cours de 21 années, présente des sinuosités dont le sens coïncide avec celles du polygone des hauteurs de pluies pendant la « période critique »; cela n'a lieu que jusqu'à une certaine valeur de celles-ci (vers 70^{mm}-160^{mm}). Au delà de cet optimum, les deux courbes fluctuent en sens inverse: l'excès d'eau est aussi néfaste que le manque d'eau. Nous n'avons pu faire entrer en ligne de compte les autres facteurs de rendement; ils n'eussent pu, croyons-nous, que rendre ces rapports plus manifestes. Nous suggérons, enfin, quels services ce genre d'études pourrait rendre à la culture du blé.

ANTHROPOLOGIE. — *Sur les proportions des membres chez les Portugais.* Note de **M. A.-A. Mendes-Corrêa.** (Extrait.)

Pour faire suite à mes études d'ostéométrie portugaise dont j'ai déjà présenté à l'Académie quelques résultats préliminaires [2], j'ai déterminé sur les longueurs des os des membres de 44 squelettes portugais bien identifiés au point de vue du sexe, de l'âge et de la provenance, quelques rapports dont l'importance est notable en anthropologie ethnique et zoologique.

L'indice antebrachial (rapport centésimal de la longueur du radius à celle de l'humérus) est, en moyenne, d'après mes observations chez les Portugais, $74,28 \pm 0,41$ pour le sexe masculin et $71,03 \pm 0,49$ chez la femme, à droite, et $74,59 \pm 0,38$ et $73,02 \pm 0,55$ à gauche. Toutes ces moyennes appartiennent au groupe *brachycercique* de la classification de

---

[1] Cf. notre Note: *Sur la période critique du blé* (*Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 632).

[2] *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 317, et t. 174, 1922, p. 416. Les résultats définitifs et en détail sont en cours de publication dans un autre Recueil.

Furner, ainsi que celles des Européens en général, de cet auteur. On sait, d'après lui, que les *Simiidæ* et les Fuégiens et Négritos des îles Andaman sont *dolichocerciques*. La différence sexuelle dans ma série est statistiquement bien nette [$\Delta = 3,25$, à droite; $\sigma = 0,93$ (1)]. Chez les Portugais, comme dans les autres séries, la femme a un radius plus court que l'homme, par rapport à l'humérus. A gauche, les moyennes sont un peu plus élevées qu'à droite, surtout pour le sexe masculin, mais la différence n'est pas assez forte par rapport à l'écart-type ($\Delta = 1,99$; $\sigma = 0,74$, chez l'homme).

Les moyennes de l'indice tibio-fémural incluent les Portugais que j'ai observés, dans la classe *brachycnémique* de Turner, la moins simienne et celle qui comprend les Européens en général. La femme a une moyenne plus basse que l'homme (à droite, ♂ $81,75 \pm 0,39$ et ♀ $81,19 \pm 0,29$; à gauche, ♂ $81,59 \pm 0,34$ et ♀ $81,14 \pm 0,30$), mais cette différence sexuelle n'est bien nette au point de vue statistique que par l'accord existant avec d'autres séries. Les différences d'un côté à l'autre du corps sont statistiquement insignifiantes. Les Portugais ont des valeurs de cet indice, très proches de celles déterminées par Hrdlicka sur des Blancs de l'Amérique (♂, 82; ♀, 81,6).

Par l'indice huméro-fémural, ma série s'avoisine nettement aussi de celles de Blancs, étudiées par Hrdlicka, et s'écarte de celles des Nègres et des Négrilles du Centre-Africain. Ces derniers, qui ont la moyenne de 80,3, sont, d'après Turner, les plus simiens des *Hominidæ* par rapport à ce caractère. La différence de moyenne en faveur du sexe masculin, remarquée par Hrdlicka, trouve confirmation dans ma série, malgré la valeur relativement trop haute de l'*écart de la différence*. D'un côté à l'autre, il y a supériorité numérique du côté droit, bien que sans d'autre vérification statistique que celle de la conformité avec d'autres séries. Les moyennes portugaises de cet indice sont : à droite, ♂ $73,23 \pm 0,29$ et ♀ $72,43 \pm 0,67$; à gauche, ♂ $72,55 \pm 0,32$ et ♀ $72,32 \pm 0,74$. A droite, la différence sexuelle est : $\Delta = 0,80$; $\sigma = 1,07$. Dans le sexe masculin, la différence d'un côté à l'autre est : $\Delta = 0,68$; $\sigma = 0,64$.

L'indice inter-membral (2), dont la signification est très grande en morphologie comparée de l'homme et des singes et moins importante en anthropologie ethnique, est dans la série portugaise très proche de la moyenne fournie par Topinard pour les Européens en général (69,5).

---

(1) Δ, différence entre les moyennes; σ, écart de la différence (*standard deviation*).

(2) (Humérus + radius) × 100 : (fémur + tibia).

En opposition aux résultats résumés par Duckworth, je trouve chez les Portugais des différences sexuelles des moyennes de cet indice, bien que pas trop importantes. La moyenne masculine est plus grande que la féminine (à droite, $\Delta = 2,52$; $\sigma = 0,94$). La femme aurait des membres supérieurs relativement plus courts que l'homme, ce qui lui accorderait sous ce rapport une condition moins simienne. D'un côté à l'autre, il n'y a pas des différences concluantes. Voici les moyennes chez les Portugais : à droite, ♂ $70,46 \pm 0,32$, ♀ $67,94 \pm 0,55$; à gauche, ♂ $70,02 \pm 0,24$, ♀ $68,12 \pm 0,43$.

Il y a intérêt à remarquer que quelques moyennes que j'ai déterminées chez les Portugais contemporains diffèrent sensiblement de celles des squelettes des *Kjökkenmöddings* de la vallée du Tage (épipaléolithiques, du capsien final). J'ai rapporté la plupart de ces squelettes à un type différent du type méditerranéen actuel, et j'ai nommé ce type-là l'*Homo afer taganus*. Je remarquerai encore que les observations que j'ai faites sur des squelettes de fœtus portugais établissent leur condition presque simienne sous ce rapport, mais ces résultats sont en accord avec les observations de plusieurs auteurs dans d'autres pays.

Ce qu'il y a lieu de conclure de la comparaison de mes résultats, ici résumés, c'est que les Portugais, au point de vue des proportions des membres, sont d'un type nettement européen.

PSYCHOLOGIE PHYSIOLOGIQUE. *Du retard réductible de franchissement des synapses dans la propagation de l'excitation lumineuse de la rétine à l'écorce cérébrale.* Note de M. **Henri Piéron**, présentée par M. Henneguy.

L'analyse du temps de latence de la sensation lumineuse par la méthode de réaction m'a permis de décomposer la partie réductible de ce temps, pour des intensités croissantes de sensation, en : 1° un temps d'action photochimique liminaire que j'ai séparément étudié (¹) et pratiquement éliminable par emploi de durées assez brèves d'excitation; 2° un retard de l'excitation du nerf par les produits de la réaction photochimique rétinienne; 3° enfin un retard dû au franchissement des synapses au cours de la propagation de l'influx nerveux depuis les éléments récepteurs rétiniens jusqu'à l'écorce.

J'ai repris la question par une méthode différente, celle du masquage d'une excitation par une excitation consécutive plus intense.

(¹) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 525 et 1203.

Étant donné que la latence d'une sensation est d'autant plus brève que l'intensité d'excitation est plus grande, on pouvait prévoir que si, un temps convenable après une excitation lumineuse d'une certaine intensité, on produit dans la même région rétinienne une excitation beaucoup plus intense, cette dernière rattrapant la première avant son arrivée à l'écorce, la masquera et empêchera de la percevoir. Et d'ailleurs d'anciennes expériences d'Exner avaient déjà mis ce fait en évidence.

En utilisant, d'une part, sous forme d'une plage lumineuse caractéristique, une excitation constante très intense (atteignant près d'un million de fois la valeur liminaire), en sorte que la partie réductible du temps de latence soit presque pratiquement annulée, et, d'autre part, une excitation variable de forme différente (plage circulaire du photoptomètre de Polack, pouvant avoir de $0^{mm},5$ à 10^{mm} de diamètre) précédant l'excitation intense d'un intervalle de temps réglable (au moyen du tachistoscope double de Michotte), j'ai recherché comment variait, pour la fovea (dans des conditions rendues constantes par l'adaptation à l'obscurité et avec un point de fixation stable évitant les déplacements oculaires), l'intervalle nécessaire entre les deux excitations pour qu'elles cessent juste d'être l'une et l'autre perçues, en fonction de l'intensité variable.

La décroissance de cet intervalle en fonction de l'intensité croissante de l'excitation a une allure hyperbolique comme celle des temps de réaction.

Avec une surface d'excitation de 5^{mm} de diamètre, à 30^{cm} de l'œil (diamètre rétinien de $0^{mm},22$, à peu près égal à celui de la fovea), et une excitation masquante (carré de 10^{cm} de côté) projetée par un dispositif approprié sur la même région rétinienne, la durée des excitations étant de 20 et 15 σ pour ces deux excitations, on obtient les valeurs suivantes des intervalles limites de masquage (en millièmes de seconde) pour les différentes intensités, évaluées en multiples de la valeur liminaire prise pour unité (indiquées entre parenthèses) : 173(1); 120(2); 78(5); 67(10); 58(20). Avec des surfaces de $1^{mm},5$, $0^{mm},75$ et $0^{mm},5$ de diamètre, les durées limites pour l'intensité liminaire ne sont plus que de 126, 92 et 76 σ.

Du fait de l'augmentation de sensibilité par sommation en fonction de l'accroissement de surface, les intensités correspondant au seuil sont d'autant plus grandes que la surface est plus petite; par rapport à l'intensité liminaire de la plus grande surface (5^{mm}), ces intensités liminaires sont respectivement de 2,34 ($1^{mm},5$), 7,8 ($0^{mm},75$) et 15,6 ($0^{mm},5$). Or, si l'on compare les intervalles limites de masquage à intensités objectives égales, on constate que les valeurs obtenues avec une surface moindre, quand cette

intensité est liminaire, dépassent les valeurs correspondantes (obtenues par interpolation) avec surface plus grande, l'intensité étant alors supra-liminaire (multiple du seuil entre parenthèses), d'une quantité analogue :

	Durée d'excitation : 19,7 σ.			Durée : 78,8 σ.		Durée : 157,6 σ.
Surfaces (diamètre)	1mm,5.	0mm,75.	0mm,5.	1mm.	0mm,5.	1mm.
Intervalles limites (σ) pour l'excitation liminaire	126	92	76	138	115	138
Intervalles limites pour la surface de 5mm à intensité objective égale (supra-liminaire)	104 (2,34)	68 (7,8)	60 (15,6)	123 (2,25)	81 (6,25)	100 (6)
Excès liminaire	22	24	16	15	34	38

Du fait que l'intensité est juste liminaire pour l'excitabilité cérébrale, il y a donc un retard supplémentaire de 20σ environ (24σ en moyenne), mais décroissant très vite, comme le montrent les comparaisons suivantes (valeurs interpolées entre parenthèses) :

Excitation de 19,7 σ.

Intensités	1	2	2,34	4,68	5	10	11,7	20	21	»
Intervalles limites : (5mm)	173	120	(104)	(79)	78	67	(63)	58	»	»
Intervalles limites : (1mm,5)	»	»	126	86	»	63	»	»	59	»

Excitation de 78,8 σ.

Intensités	1	2	5	6,25	10	12,5	20	31,25	50	62,5
Intervalles limites : (5mm)	212	126	90	(81)	75	(70)	65	(62)	60	»
Intervalles limites : (0mm,5)	»	»	»	115	»	90	»	67	»	55

Comme les processus engendrés dans chaque élément récepteur, ici dans chaque cône (réaction photochimique et excitation de nerf) sont fonction de la quantité d'énergie lumineuse reçue par cet élément, sans influence de celle qui est reçue par les éléments voisins, la sommation ne s'effectuant qu'ensuite, on compreud que les valeurs exprimant l'intervalle limite de masquage dépendent toujours de la grandeur objective de l'intensité d'excitation, indépendamment de la surface rétinienne, du nombre d'éléments récepteurs excités. Mais, pour le franchissement des synapses et l'excitation des neurones corticaux, au contraire, c'est l'intensité de l'influx résultant de la sommation plus ou moins complète des excitations périphériques partielles qui intervient, et par conséquent la grandeur de l'intensité physiologique (la valeur liminaire constituant l'unité) joue alors son rôle.

Cela nous permet de déterminer la valeur maxima, au seuil, du retard

réductible relevant du franchissement des synapses (la vitesse de propagation paraissant bien être constante le long des fibres de chaque neurone) : cette valeur maxima est égale à la différence entre l'intervalle limite de masquage liminaire et l'intervalle supraliminaire (avec surface plus grande) pour une même intensité objective.

Pour les synapses de la voie visuelle, nous obtenons 20 millièmes de seconde environ (entre 20 et 30), ce qui signifie que le temps de propagation de l'influx depuis les éléments nerveux périphériques jusqu'aux neurones de l'écorce calcarine est, pour l'intensité la plus faible d'influx nerveux susceptible de déclencher la réaction sensorielle, plus long d'environ $\frac{1}{50}$ de seconde que pour l'intensité maximale, et peut être raccourci de cette valeur quand l'intensité d'excitation est suffisamment augmentée.

Or, par une méthode entièrement différente (¹), j'étais arrivé à attribuer à ce retard réductible de propagation une valeur comprise entre 20 et 50 σ (d'après la marge de variation des temps de latence réactionnelle pour des accroissements partiels très brefs de luminosité en excitation fovéale). La concordance des valeurs donne à celles-ci un grand poids. Ajoutons que la décroissance de ce retard réductible se fait suivant une branche d'hyperbole; mes deux séries de recherches sont à cet égard en complet accord.

HISTOLOGIE. — *Étude histologique du testicule d'un Plectognathe, l'*Orthagoriscus mola *Schn.* Note de M. Marc Romieu, présentée par M. Joubin.

J'ai fait l'étude histologique des testicules d'un individu encore jeune d'*Orthagoriscus mola*, capturé au mois d'août dans la baie de la Hougue.

L'*Orthagoriscus*, connu vulgairement sous le nom de mole ou poisson-lune, a déjà fait l'objet de quelques recherches histologiques; en particulier celles de Paladino sur le système nerveux et de Kaschkaroff sur le développement des os, mais la spermatogénèse n'a pas été étudiée, au moins à ma connaissance.

J'ai trouvé chez l'*Orthagoriscus* des testicules pairs ayant une couleur pâle et une forme allongée. Leur disposition est comparable à celle qu'on trouve en général chez les Téléostéens.

(¹) Cf. *Comptes rendus*, t. **172**, 1922, p. 1612; *C. R. Soc Biol.*, t. 85, 1921, p. 60; *Année psychologique*, t. **22**, 1922, p. 58-142 (p. 115-117).

Chez l'individu que j'ai observé, les testicules étaient relativement petits, ayant environ 5^{cm} de long sur 1^{cm} de large, alors que le corps de l'animal avait à peu près 50^{cm} de diamètre.

Les testicules, dans cette espèce, n'ont pas une forme exactement cylindrique. Ils sont parcourus par un sillon longitudinal qui donne à ces organes, sur une coupe transversale, un aspect réniforme.

Sur une telle coupe le testicule se montre formé de tubes à disposition radiaire débouchant dans un lacis irrégulier de voies efférentes qui se rendent vers la masse de tissu conjonctif occupant le hile de l'organe, hile qui répond au sillon longitudinal.

La spermatogénèse débute dans le fond des tubes près de la mince capsule qui entoure l'organe. On trouve à ce niveau de petites cellules en voie de multiplication active, les spermatogonies. Un peu plus loin on observe de grandes cellules munies d'un gros noyau clair présentant un nucléole volumineux et des grains fins de chromatine disposés à la périphérie. Ces cellules sont entourées d'une capsule de cellules folliculeuses. Elles ressemblent absolument à des ovocytes et correspondent aux gros gonocytes sexuellement indifférents, si répandus chez les Batraciens. On trouve dans ces gonocytes un centrosome et, en contact avec le noyau, un corps mitochondrial. Certaines de ces cellules atteignent une taille considérable, d'autant plus frappante que les autres éléments de la lignée séminale sont en général de petite taille.

On ne rencontre pas de gonocytes en division, ce qui est conforme à ce que l'on sait chez les Téléostéens, où la période de multiplication des gonocytes ne coïncide pas avec l'époque de la spermatogénèse.

Dans ce testicule, recueilli en plein été, on observe encore des spermatocytes beaucoup plus petits que les gonocytes et disposés par groupes. Leurs noyaux sont en synapsis, mais ne paraissent pas dépasser le stade leptotène.

On trouve, en outre, des cellules plus petites localisées à certains tubes qui sont des spermatocytes II. Certaines, dont le noyau a subi déjà un allongement, sont des spermatides, mais les spermatozoïdes sont absents. Ces spermatocytes II et ces spermatides répondent sans doute à une poussée de spermatogénèse antérieure, poussée qui semble abortive, un certain nombre de ces cellules montrant des signes non équivoques de dégénérescence.

Les éléments de la spermatogénèse sont de moins en moins nombreux à mesure qu'on se rapproche du hile et que les tubes deviennent plus larges. Entre les tubes se trouve un tissu conjonctif abondant où l'on aperçoit des fibres lisses, mais on ne voit rien qui ressemble à des cellules interstitielles.

Le tissu conjonctif du hile contient des vaisseaux et des nerfs assez volumineux qui courent dans le sillon occupant toute la longueur de l'organe.

Dans le testicule de l'*Orthagoriscus*, les éléments, sans être très beaux, sont un peu plus gros que chez la majorité des Poissons, où ils sont, comme on sait, de fort petite taille.

Parmi les observations qui précèdent, il faut souligner un certain nombre de faits, comme l'existence dans le testicule de l'*Orthagoriscus* d'un hile en forme de sillon longitudinal, la présence de gros gonocytes oviformes parmi les cellules de la lignée génitale et de fibres lisses dans le tissu conjonctif enveloppant les tubes séminaux. Or tous ces caractères se retrouvent dans le testicule des Acanthoptérygiens.

Il résulte donc de notre étude que, par l'organisation comme par les caractères cytologiques de son testicule, l'*Orthagoriscus mola* doit être rapproché des Acanthoptérygiens.

Cette constatation offre quelque intérêt, car les affinités du groupe aberrant des Plectognathes sont encore discutées, spécialement en ce qui concerne les Gymnodontes.

PROTISTOLOGIE. — *Péridiniens et Zooxanthelles*. Note de MM. R. Hovasse et G. Teissier, présentée par M. F. Mesnil.

Beaucoup de Protistes (Radiolaires, Foraminifères, etc.), un certain nombre de Métazoaires (Cœlentérés, Turbellariés, etc.) hébergent dans leur protoplasma des « cellules jaunes », arrondies, qui, en masse, leur confèrent une coloration plus ou moins brunâtre. Reconnus par Huxley (1851), ces éléments ont été étudiés par Brandt, Géza Entz, Geddes, etc., et, plus récemment, par Hadzi et Kuskop. Ces auteurs ont vu leur indépendance vis-à-vis des êtres qui les hébergent, les ont qualifiées de *Zooxanthelles* et en ont fait des Algues brunes. Depuis Brandt (1883), on admet qu'elles constituent un groupe parfaitement homogène et, comme les Xanthelles des Foraminifères peuvent présenter une forme *Cryptomonas* typique, la place systématique du groupe tout entier se trouverait fixée par là même; en fait, aucune preuve sérieuse de l'unité de cet ensemble n'a jamais été donnée.

Un rapprochement dû à l'un de nous entre un hôte des Vélelles reconnu par l'autre comme Péridinien [1] et les Zooxanthelles décrites par Hæckel (1862), Brandt (1883) et Kuskop (1920) chez ces mêmes Velelles, nous a

[1] *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1745; *C. R. Soc. de Biol.*, t. 87, p. 845. Un travail illustré sur ce Péridinien est actuellement sous presse.

amenés à rechercher si, parmi les autres Xanthelles, il n'y aurait pas aussi des Péridiniens. Il semble, en effet, que, chez les divers Cœlentérés, les Xanthelles, dont aucune n'est connue sous la forme flagellée, se ressemblent étroitement.

Nous avons alors étudié *Anemonia sulcata* (Pennant), la plus commune de Actinies méditerranéennes et *Aglaophenia pluma* L., Calyptoblastique universellement répandu. On sait que les Xanthelles sont, chez ces deux formes, très nombreuses dans les cellules endodermiques où elles se multiplient activement quand leur hôte est bien ensoleillé.

Après une fixation soignée, suivie d'une élimination des pigments qui encombrent les Algues, et malgré la petitesse des éléments, on reconnaît en toute netteté que *leurs noyaux sont des dinocaryons typiques*. Ils n'ont pas de membrane nucléaire, possèdent de nombreux chromosomes décomposés entièrement en chromomères (au point que nous considérons ceux-ci comme les véritables chromosomes); enfin, ils n'ont pas de caryosome ou seulement de petits qui nous auront échappé en raison de la faible dimension de l'aire nucléaire. Leurs divisions sont des *dinomitoses* dépourvues du stade plaque équatoriale et identiques à celles de *Endodinium*.

En l'absence de formes flagellées, la place systématique de ces Protistes ne peut être actuellement déterminée que par leurs seuls caractères cytologiques. Si, avec E. Chatton, nous considérons la structure nucléaire que nous venons de décrire comme caractéristique, les Xanthelles de l'Actinie et de l'Hydraire seraient des Dinoflagellés.

En résumé, nos observations, faites sur un Siphonophore, un Hydraire et une Hexactinide, nous autorisent à penser que, *au moins dans le groupe des Cœlentérés*, où elles sont si largement répandues, *une grande partie des Xanthelles constituent des stades évolutifs de véritables Dinoflagellés*.

MICROBIOLOGIE. — *Filtration des ultravirus neurotropes à travers les membranes en collodion*. Note de MM. **C. Levaditi** et **S. Nicolau**, présentée par M. Roux.

Nous avons montré récemment [1] que les ultravirus neurotropes (herpès, encéphalite, neurovaccine) offrent des propriétés physiques qui les rapprochent des ferments solubles et des toxines microbiennes.

Dans des conditions déterminées, ces ultravirus filtrent partiellement à

[1] Levaditi et Nicolau, *C. R. Soc. Biol.*, t. 88, 1923, p. 66.

travers des membranes en collodion qui retiennent, en totalité ou en partie, les albumines, l'alexine, l'ambocepteur hémolytique, certaines diastases et toxines microbiennes, tout en laissant passer les peptones, les acides aminés et le bactériophage de d'Hérelle. Nous apportons les faits qui démontrent cette filtrabilité.

Technique. — Nous nous sommes servis de collodion Poulenc à 6 pour 100, dont voici la constitution, aimablement communiquée par M. Billon : *cellulose* octonitrique, 6; alcool à 95°, 47; éther rectifié, 47 (en poids). Des sacs à deux couches de collodion sont préparés, montés sur un tube en verre, hermétiquement attachés à ce tube et stérilisés pendant 10 minutes à 110°. Ces sacs sont soigneusement vérifiés avant la filtration, qui, grâce à un dispositif particulier, a lieu sous une pression intérieure de 10^{cm} à 12^{cm} de mercure. Une émulsion cérébrale virulente (1) est clarifiée par centrifugation, puis introduite à l'intérieur du sac. On détermine le temps que nécessite la filtration de chaque goutte. Inoculation du filtrat au lapin, par voie cérébrale ($0^{cm^3},2$ à $0^{cm^3},3$).

Perméabilité des membranes. — Des essais préalables ont montré qu'une émulsion de cerveau normal, émulsion contenant environ $1^g,5$ d'albumine par litre, donne des filtrats dépourvus de matières protéiques décelables par la chaleur et par l'acide trichloracétique. Un sérum hémolytique (lapin-antimouton), actif au $\frac{1}{1000}$, donne des filtrats dépourvus de sensibilisatrice, mais qui renferment près de $\frac{1}{1000}$ d'albumine. Les peptones et l'acide acétylaminé filtrent aisément, alors que le suc pancréatique réactivé (expérience de Mlle Ledebt), l'alexine de cobaye et les toxines diphtériques et tétaniques sont retenues en totalité ou en grande partie. Par contre, les mêmes sacs se laissent traverser partiellement par le bactériophage dysentérique, ce qui confirme les constatations de Wollman (2) (dialyse).

En résumé, dans les conditions où nous sommes placés, *nos membranes en collodion se sont montrées peu perméables aux matières protéiques, ont laissé passer les peptones et les acides aminés et ont retenu, plus ou moins complètement, la sensibilisatrice, l'alexine, certains ferments solubles et les toxines microbiennes* (3). *Elles ne se sont pas opposées au passage du bactériophage de d'Hérelle.*

(1) Un gramme de cerveau finement émulsionné dans 20^{cm^3} d'eau salée isotonique.

(2) Wollman, *C. R. Soc. de Biologie*, t. 84, 1922, p. 3.

(3) Le filtrat d'une toxine diphtérique (active au 500e) s'est montré non toxique à la dose de $\frac{1}{10}$ de centimètre cube. Une toxine tétanique qui, avant la filtration, tuait le cobaye au 5000e, a provoqué la mort, après la filtration, à la dose de 1^{cm^3} de filtrat, a donné un tétanos local, avec survie, à la dose de $\frac{1}{10}$ de centimètre cube et fut inoffensive au $\frac{1}{100}$.

FILTRATION DES ULTRAVIRUS NEUROTROPES :

A. VIRUS RABIQUE (fixe ou des rues). — *Cinq filtrations ont été effectuées; une seule a fourni du filtrat virulent;* la voici :

Expérience : Virus de rues. — Le filtrat est inoculé dans le cerveau des *lapins* 25/V *et* 24/V; le contenu du sac est injecté, par la même voie, *au lapin* 26/V. Les trois animaux meurent de rage le 20ᵉ, le 17ᵉ (filtrats) et le 16ᵉ jour (contenu du sac). Tous les autres essais sont restés négatifs. Les lapins qui ont survécu à l'inoculation intracranienne de filtrats non virulents, se sont montrés sensibles à une injection d'épreuve, faite plus tard.

B. VIRUS ENCÉPHALITIQUE (souche Carnot). — *Une seule des six expériences réalisées avec ce virus a donné un résultat positif.*

Expérience. — Émulsion cérébrale centrifugée; le filtrat est inoculé aux *lapins* 39/V *et* 37/V. Le premier meurt d'encéphalite le 8ᵉ jour (lésions typiques et passage positif), le second succombe le 6ᵉ jour.

Les animaux qui ont survécu à l'inoculation intra-cérébrale de filtrats inactifs, ne jouissent d'aucune immunité acquise.

C. VIRUS HERPÉTIQUE (souche Blanc). — *Expérience.* — Le filtrat est injecté dans le cerveau des *lapins* 46/P *et* 47/P. Le premier meurt d'encéphalite herpétique le 5ᵉ jour, le second succombe le 7ᵉ jour (passages positifs, lésions caractéristiques).

D. NEUROVACCINE. — *Huit filtrations avec sept résultats positifs.*

Expérience. — Émulsion cérébrale centrifugée. *Sac a :* débit, 1 goutte en 2 minutes 15 secondes. Injection du filtrat dans le cerveau des *lapins* 3/V *et* 9/V. Le premier succombe le 5ᵉ jour d'encéphalite vaccinale; son encéphale, inoculé sur la peau du *lapin* 50/V, provoque une éruption vaccinale confluente. Il en est de même du second lapin, qui meurt également le 5ᵉ jour. *Sac b :* débit, 1 goutte en 2 minutes. Même résultat. Les deux lapins inoculés meurent d'encéphalite vaccinale le 5ᵉ jour (richesse du cerveau en vaccine).

Parfois, un seul des deux animaux injectés avec le filtrat (par voie cranienne) contracte l'encéphalite vaccinale; l'autre reste indemne, mais n'acquiert pas d'immunité (inoculation d'épreuve faite le 28ᵉ jour, dans le cerveau et sur la peau).

Le résultat est le même si, au lieu de remplir totalement le sac, on n'y introduit qu'une quantité d'émulsion virulente correspondant à la moitié de sa capacité. La possibilité d'une infiltration du germe entre la paroi du sac et le tube de verre qui le supporte, est, de la sorte, totalement exclue.

CONCLUSIONS. — L'ensemble de ces recherches prouve que *tous les ultravirus neurotropes examinés* (*rage*, *encéphalite*, *herpès*, *neurovaccine*) *filtrent, sous pression, à travers certaines membranes en collodion.* Toutefois, *leur filtrabilité varie non seulement d'une membrane à l'autre, mais encore suivant la nature du virus. La neurovaccine s'est montrée, en effet, plus filtrable que les germes de la rage, de l'encéphalite et de l'herpès.* Pourquoi ces différences?

Il y a lieu de supposer qu'à côté des formes normales, il existe chez ces virus neurotropes, comme chez d'autres microbes, des formes de dimensions très réduites; les virus passeraient d'autant plus facilement à travers

la membrane que ces petites formes seraient plus nombreuses. On doit aussi tenir compte du fait que ces virus ne peuvent être mis en évidence que par leur action sur l'animal et que la sensibilité de celui-ci est différente à l'égard de chacun d'eux. Ainsi, le virus neurovaccinal, dilué au $\frac{1}{500000}$, détermine une encéphalite mortelle, tandis que le virus rabique peut être injecté à la même dose sans provoquer aucune manifestation. Un filtrat d'émulsion vaccinale paraîtra actif, alors qu'un filtrat d'émulsion rabique ou de virus herpétique, contenant le même nombre d'éléments virulents, ne le paraîtra pas. La perméabilité des membranes de collodion aux virus neurotropes est très restreinte; au cours des opérations de filtration, il se produit un colmatage qui la réduit enore. Quoi qu'il en soit, l'expérience montre que les virus neurotropes, d'après la facilité avec laquelle ils traversent la menbrane de collodion, se classent dans l'ordre suivant : vaccine, herpès, rage, encéphalite.

La filtration partielle des ultravirus neurotropes à travers certaines membranes en collodion, rapprochée des autres propriétés physiques d'ordre colloïdal, établies antérieurement, montre que ces ultravirus sont constitués par des agrégats de matière protéique vivante, dont les dimensions ne semblent pas s'éloigner de celles des agrégats albuminoïdes qui servent de support aux propriétés diastasiques ou aux toxines microbiennes.

M. **Charles Menges** adresse une Note *Sur le coefficient de Fresnel.*

A 15h50m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h10m.

É. P.

ERRATA.

(Séance du 19 février 1923.)

Note de M. *J.-L. Breton*, Éclateurs à soufflage de l'étincelle dans un diélectrique gazeux :

Page 473, ligne 3, *supprimer* le mot tournant.

Même page, *rétablir* comme suit la fin de la dernière phrase : ... retenu pour la réalisation des fours d'induction à grande fréquence mis au point par M. Dufour à la Direction des Recherches et Inventions.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 12 MARS 1923.

PRÉSIDENCE DE M. ALBIN HALLER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du Décret, en date du 8 mars 1923, qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Gabriel Bertrand** pour occuper, dans la Section de Chimie, la place vacante par le décès de M. *Georges Lemoine*.

Il est donné lecture de ce Décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Gabriel Bertrand** prend place parmi ses Confrères.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur une propriété cinématique des surfaces* W. Note (1) de M. **Luigi Bianchi.**

Considérons un quadrilatère gauche ABCD, dont les quatre côtés AB, BC, CD, DA sont égaux (un losange gauche). Supposons que le losange acquière, dans l'espace, une double infinité de configurations, dont la forme varie d'une manière continue, ainsi que, en général, la longueur du côté.

On demande de trouver tous les cas où les conditions suivantes sont satisfaites :

Les quatre surfaces (A), (B), (C), (D), *décrites par les quatre sommets, sont tangentes, chacune, aux deux côtés issus du sommet.*

Cela étant supposé, on aura les propositions que voici :

I. *La droite* PQ *qui joint les milieux* P, Q *des deux diagonales* AC, BD

(1) Séance du 5 mars 1923.

du losange décrit une congruence normale, et les surfaces orthogonales à cette congruence sont des surfaces W (*leurs rayons principaux de courbure sont fonctions l'un de l'autre*).

II. *Les quatre côtés du losange décrivent quatre congruences dont le paramètre moyen est constant* (c'est-à-dire que la différence entre les carrés des distances des points limites et des foyers est une constante, la même pour les quatre côtés).

III. *Ces quatre congruences sont aussi des congruences de roulement, engendrées par l'axe d'un hélicoïde, applicable sur l'une ou sur l'autre nappe de la développée des surfaces* W, *qui roule sur cette surface*.

Maintenant, pour l'existence effective des configurations supposées, on a les propositions inverses, qu'on peut rapporter à *toute* surface W, ou bien, ce qui est la même chose, à cause des célèbres théorèmes de Weingarten, à toute surface S applicable sur une surface de révolution. Pour chaque surface S il y a *une double infinité* de solutions de notre problème, que l'on obtient en termes finis. Si l'on a choisi une de ces ∞^2 solutions, et que l'on imagine chaque losange gauche *invariablement lié* aux éléments du plan tangent à S dans le point qui correspond au losange, puis que l'on déforme par flexion la surface S comme l'on veut, les nouvelles positions des losanges donneront toujours une solution relative à la surface déformée.

Comme toute surface de révolution admet ∞^2 hélicoïdes applicables, la double infinité de solutions du problème, pour chaque surface S applicable, reste caractérisée par la construction suivante :

Sur la surface S (*applicable sur une surface de révolution*) *on fera rouler un hélicoïde applicable, quel qu'il soit; l'axe de cet hélicoïde engendre l'une des quatre congruences demandées*.

Pour avoir les trois autres, on fera rouler le même hélicoïde sur la face opposée de S, et de même l'hélicoïde complémentaire sur la surface S' complémentaire de S.

Nous avons dit que, en général, le losange variable change aussi la longueur de son côté. Il y a toutefois un cas particulier remarquable où le côté même du losange reste invariable, et par conséquent aussi l'angle des deux faces. Dans ce cas :

La surface S, *ainsi que sa complémentaire* S', *sont applicables sur une quadrique de révolution, et les quatre surfaces lieux des sommets du losange sont des surfaces avec la même courbure constante, dans la relation du théorème de permutabilité. L'hélicoïde roulant est un hélicoïde logarithmique* (*son profil méridien est une courbe logarithmique*).

M. **Antoine Balland** fait hommage à l'Académie d'un portrait à la pointe sèche, d'*Hippolyte Larrey*, par G. Isabey.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Associé étranger, en remplacement de M. *Ciamician*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 49,

M. Jules Bordet	obtient	. . . .	43 suffrages
M. Winogradsky	»	. . . .	5 »
M. Paternò	»	. . . .	1 suffrage

M. **Jules Bordet**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

Par 41 voix contre 1 à M. *Osborn*, M. **J. Cornet** est élu Correspondant pour la Section de Minéralogie, en remplacement de M. *W. C. Brögger*, élu Associé étranger.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **Picard**, **Appell**, **Sebert**, **Painlevé**, **Bigourdan**, **Lecornu**, **Branly**, **Moureu**, **Kœnigs**, **Rateau**, **Viala**, **Janet**, **Joubin**, **Ferrié** sont désignés pour faire partie du Conseil national de l'*Office national des Recherches scientifiques et industrielles et des Inventions*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre des Colonies** adresse la copie des renseignements qu'il a reçus du Gouverneur général des Établissements français de l'Océanie, au sujet du *tremblement de terre* dont les côtes du Chili ont été le théâtre en novembre 1922.

M. W. C. **Brögger**, élu Associé étranger, adresse des remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Science, technique et industries photographiques*. Résumés par L.-P. Clerc. Vol. II, 1922. (Présenté par M. L. Lumière.)

2° *Les matériaux des constructions mécaniques et aéronautiques. Calculs de résistance. Étude des matières premières. Essais des bois. Essais des métaux et de leurs alliages*, par Ed. Marcotte et E. Béréhare.

3° *Étude sur les Poissons rapportés par M. Henri Gadeau de Kerville de son voyage zoologique en Syrie* (avril-juin 1908), par Jacques Pellegrin. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

4° Roman Galarza. *Quimica experimental.*

5° Alliaume. *Application de la nomographie aux calculs d'étalonnage des instruments de mesure.* (Présenté par M. d'Ocagne.)

6° Conseil international de recherches. Union géodésique et géophysique internationale. Section de sismologie. *Comptes rendus des séances de la première conférence réunie à Rome du 2 au 10 mai 1922*, rédigés par le secrétaire E. Rothé.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le logarithme d'un nombre algébrique.* Note (1) de M. **Mordoukhay-Boltovskoy**, présentée par M. Hadamard.

La célèbre démonstration d'Hermite pour la transcendance du nombre e peut être utilisée dans la recherche d'une condition pour la représentation d'un nombre donné par *le logarithme d'un nombre algebrique.*

Le point de départ est la formule de Lagrange .

$$(1) \qquad f\left(\frac{\alpha}{\beta}\right)=\left(\frac{\alpha}{\beta}-\xi\right)f'\left[\xi+\theta\left(\frac{\alpha}{\beta}-\xi\right)\right] \leqq \left(\frac{\alpha}{\beta}-\xi\right)\mathrm{M} \qquad (0<\theta<1).$$

$f(\xi)=0$ étant l'équation transcendante en ξ

$$(2) \qquad c_0+c_1e^{\xi}+c_2e^{2\xi}+\ldots+c_ne^{n\xi}=0.$$

(1) Séance du 5 mars 1923.

Dans (1), nous pouvons remplacer la fraction $\frac{f\left(\frac{\alpha}{\beta}\right)}{M}$ par une grandeur moindre $\frac{A}{B}$.

La condition (1) ne sera pas remplie si

(3) $$\left|\frac{\alpha}{\beta}-\xi\right|<\frac{A}{B};$$

e^{λ}, où $\lambda=\frac{\alpha}{\beta}$ est rationnel, est nécessairement un nombre transcendant, qui ne peut pas satisfaire à l'équation

(4) $$c_0+c_1e^{\lambda}+c_2e^{2\lambda}+\ldots+c_ne^{n\lambda}=0.$$

Dans l'identité

(5) $$\begin{aligned}&(c_0+c_1e^{\lambda}+c_2e^{2\lambda}+\ldots+c_ne^{n\lambda})F(0)\\&=\sum_{k=0}^{k=n}c_kF(k\lambda)+\sum_{k=1}^{k=n}c_ke^{k\lambda}\int_0^{k\lambda}e^{-x}f(x)\,dx,\end{aligned}$$

$$f(x)=\frac{1}{\overline{p-1}!}x^{p-1}(x-\lambda)^p(x-2\lambda)^p\ldots(x-n\lambda)^p,$$
$$F(x)=f(x)+f'(x)+\ldots+f^{(\nu)}(x);$$

$\nu=np+p-1$ étant le degré de $F(x)$, $\sum_{k=0}^{k=n}c_kF(k\lambda)$ est un polynome en λ du degré $\mu=\nu-p=np-1$ et $=\frac{\Omega}{\beta^{\mu}}$, où Ω est entier.

$\Omega\gtrless 0$ parce que, dans $\beta^{\mu}\sum_{k=0}^{k=n}c_kF(k\lambda)$, tous les composants, excepté le premier, $\beta^kc_0F(0)$ sont divisibles par p, si l'on suppose p premier et

(6) $$p>|c_j|,$$
(7) $$p>\beta.$$

Remarquons maintenant que, pour p assez grand,

(8) $$|R_n|=\left|\sum_{k=1}^{k=n}c_ke^{k\lambda}\int_0^{k\lambda}e^{-x}f(x)\,dx\right|<\frac{1}{\beta^{\nu+1}}.$$

En effet, en désignant par $\bar{f}$ le maximum de $e^{-x}f(x)$ entre 0 et $k\lambda$,

$$\left|\int_0^{k\lambda}e^{-x}f(x)\,dx\right|\leqq\bar{f}k\lambda.$$

Or, comme $\overline{f} < \dfrac{1}{\overline{p-1}!} n^\nu \lambda^\nu$,

$$|R_n| < \frac{n^{\nu+1}\lambda^{\nu+1}}{\overline{p-1}!} e^{n\lambda}\sigma, \qquad \sigma = \sum_{k=1}^{k=n} |c_k|.$$

En vertu de la formule de Stirling, nous pouvons déterminer $q = \overline{p-1}$ par l'inégalité

$$(9) \qquad \frac{n^{\nu+1}\lambda^{\nu+1}\sigma e^{n\lambda}}{\sqrt{2\pi}\, q^{q+\frac{1}{2}} e^{-q}} < \frac{1}{\beta^{\nu+1}}.$$

Cette inégalité peut être remplacée par les deux suivantes :

$$(10) \qquad q > ke(\alpha n)^{n+1},$$

où $k > 1$, et

$$(11) \qquad k^q \sqrt{2\pi q} > (\alpha n)^{n+1} \sigma e^{n\lambda}.$$

Pour α (ou β) suffisamment grand, l'inégalité (11) et aussi (6) et (7 sont des conséquences de l'inégalité (10). Ainsi pour

$$q > g\alpha^{n+1},$$

où g est indépendant de α, le second membre de (5) est plus grand que

$$\frac{1}{\beta^\mu} - |R_n| > \frac{1}{\beta^\mu} - \frac{1}{\beta^{\nu+1}} > \frac{1}{\beta^{\nu+1}}$$

et, pour le second membre de (3), on peut prendre

$$\frac{1}{\beta^{\nu+1} M F(0)}.$$

Remplaçons maintenant F(0) par une quantité plus grande : on a

$$F(0) = f(0) + f'(0) + \ldots + f^{(\nu)}(0).$$

Les $p-1$ premiers termes sont nuls. Comme le nombre de termes de

$$f(x) = \frac{1}{\overline{p-1}!}[x^n - s_1 x^{n-1} + \ldots + s_n]^p x^{p-1}$$

avant réunion des termes semblables est $(n+1)^p$, on voit facilement que

$$|f^{(p-1+\mu_1)}(0)| < N^p \nu!\, \lambda^\nu \qquad (0 < \mu_1 < \nu - p),$$

N ne dépendant pas de p, mais seulement de n, et que

$$|F(0)| < N^p \nu!(\nu - p + 1)\lambda^\nu < Q^p(\nu+1)!\lambda^{\nu+1},$$

Q ne dépendant pas de p.

En remarquant que $M \leqq n\sigma e^{n\lambda}$, on peut poser, dans l'inégalité (3),

$$A = 1, \qquad B = T^p(\nu + 1)!\,\alpha^{n+1},$$

où T ne dépend pas de p ni de α. Prenons maintenant $p = q + 1$ premier avec

$$g\alpha^{n+1} < q < 2g\alpha^{n+1}.$$

Ce qui est possible en vertu du théorème de Tschebychew. On aura

$$\nu + 1 < g'\alpha^{n+1}$$

et pour α (ou β) assez grand

$$T^p\alpha^{\nu+1} < \overline{\nu + 1}\,!$$

et l'on pourra poser

$$A = 1, \qquad B = (g'\alpha^{n+1}!)^2$$

ou

$$B = g''\alpha^{2(n+1)}!,$$

soit, comme la limite $\frac{\alpha}{\beta}$ est finie,

$$A = 1, \qquad B = \beta^{\omega}!,$$

ω étant constant.

Ainsi *si pour une fraction ordinaire* $\frac{\alpha}{\beta}$ *de dénominateur* β *assez grand,* $\left|\frac{\alpha}{\beta} - \xi\right|$ *est moindre que* $\frac{1}{\beta^{\omega}!}$ *où* ω *est un nombre fini quelconque, le nombre* ξ *n'est pas le logarithme naturel d'un nombre algébrique.*

Exemple :

$$\sum_{n=1}^{n=\infty}(-1)^{n-1}\frac{1}{(n!)^{n}}.$$

Observations de M. **Hadamard** *à propos de la Communication précédente.*

La remarquable Note de M. Mordoukhay-Boltovskoy est une des plus belles applications qui aient été faites des idées contenues dans le *Mémoire sur la fonction exponentielle.*

Indépendamment d'autres extensions que l'auteur a en vue et sur lesquelles il compte revenir ultérieurement, peut-être ouvrira-t-elle la voie à des recherches d'un ordre assez nouveau, au moins à ma connaissance, et qui généraliseraient notablement celles de Liouville, auxquelles la Note de M. Mordoukhay-Boltovskoy est également apparentée d'une manière évidente.

Imaginons en effet qu'on opère sur la démonstration de Lindemann (ou sur l'une des autres formes qui lui ont été données dans des travaux ultérieurs tels que celui de Weierstrass) comme il vient d'être fait sur celle d'Hermite. Il est clair qu'on doit pouvoir obtenir une limite inférieure de l'erreur commise en remplaçant ξ non plus par une fraction ordinaire, mais par un nombre algébrique. Je ne sais d'ailleurs jusqu'à quel point ce sujet de l'approximation d'un nombre déterminé par des nombres *algébriques* (et non plus rationnels) a été étudié en général : je ne crois pas, en tout cas, qu'il l'ait été en ce qui regarde les nombres considérés par l'auteur.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les séries de Taylor qui ont des lacunes.* Note [1] de M. **Mandelbrojt**, présentée par M. Henri Lebesgue.

On sait que la série entière $\sum_{n=1}^{\infty} a_n x^{\lambda_n}$, dans laquelle

$$\lim(\lambda_{n+1}-\lambda_n)=\infty,$$

admet son cercle de convergence comme coupure. Mais si l'on suppose seulement qu'il existe une suite de λ_n

$$\lambda_{n_1},\quad \lambda_{n_2},\quad \ldots,\quad \lambda_{a_i},\quad \ldots,$$

telle que

$$\lim(\lambda_{n_{i+1}}-\lambda_{n_i})=\infty, \tag{1}$$

la série peut représenter une fonction qui admet un arc régulier sur le cercle de convergence. Un exemple en est donné par M. Ostrowski [2]

$$\sum_{k=1}^{\infty} z^{10^{10^k}} \sum_{n=1}^{10^{4\cdot 10^k}} \frac{(-10^{2\cdot 10^k} z)^n}{n!}.$$

On peut se demander quelles sont, sur le cercle de convergence, les singularités d'une fonction représentée par une série $\sum_{n=1}^{\infty} a_n x^{\lambda_n}$ pour laquelle la condition (1) est vérifiée.

Nous verrons que *la nature et le nombre des points singuliers situés sur le*

---

(1) Séance du 5 mars 1923.

(2) *Abh. aus dem Mathematischen Seminär der Hamburgischen Universität*, Band 1, Heft. 3-4.

cercle de convergence sont liés à la croissance de la suite

$$\lambda_1, \quad \lambda_2, \quad \ldots, \quad \lambda_n, \quad \ldots.$$

Je démontre le théorème suivant :

Si la série $\sum_{n=1}^{\infty} a_n x^{\lambda_n}$ *satisfait à la condition* (1), *il y a sur le cercle de convergence un point singulier au moins qui n'est pas un pôle.*

Ce théorème est une conséquence immédiate de la proposition suivante :

S'il y a une infinité de λ_{n_i} *tels que*

$$\lambda_{n_{i+1}} - \lambda_{n_i} \geqq k,$$

la fonction représentée par la série $\sum_{n=1}^{\infty} a_n x^{\lambda_n}$ *admet au moins* $k+1$ *pôles sur le cercle de convergence, ou bien elle a, sur ce cercle, des points singuliers autres que des pôles.*

La démonstration est immédiate si l'on considère les déterminants $\Delta_{n,p}$ de la forme

$$\Delta_{n,p} = \begin{vmatrix} a_{n1} & a_{n+1} & \ldots & a_{n+p-1} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ a_{n+p-1} & \ldots & \ldots & a_{n+2p-1} \end{vmatrix}$$

en utilisant quelques résultats obtenus par M. Hadamard dans sa Thèse.

En tenant compte d'un théorème de M. Ostrowski ([1]), on voit que *si la suite*

$$S_{\lambda_{n_1}}, \quad S_{\lambda_{n_2}}, \quad \ldots, \quad S_{\lambda_{n_i}}, \quad \ldots,$$

où

$$S_{\lambda_n} = \sum_{m=1}^{n} a_m x^{\lambda_m}$$

converge uniformément dans un domaine connexe, qui contient dans son intérieur les points intérieurs du cercle de convergence et d'autres points extérieurs à ce cercle, alors il y a sur le cercle de convergence au moins un point singulier qui n'est pas un pôle.

Je démontre maintenant le théorème suivant :

Si la série $\sum_{n=1}^{\infty} x^{\lambda_n}$ *dont les coefficients sont égaux à* 1 *peut être complétée (c'est-à-dire si l'on peut introduire des termes de coefficients quelconques correspon-*

([1]) *Loc. cit.*, p. 327, note ([2]).

dant aux puissances manquant) de telle manière que la fonction représentée par la nouvelle série admette le point 1 *comme point régulier, la fonction*

$$\psi(x) = \sum_{n=1}^{\infty} a_n x^{\lambda_n},$$

dans laquelle les a_n *sont arbitraires, admet sur son cercle de convergence deux points singuliers au moins.*

On voit que *la suite* $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_n, \ldots$ *fournit des renseignements sur le nombre des points singuliers sur le cercle de convergence.*

Considérons maintenant les trois séries :

1°
$$\sum_{n=1}^{\infty} a_n x^{\lambda_n}$$

possédant une infinité de lacunes définies par la suite λ_{n_i} avec

$$\lim(\lambda_{n_i+1} - \lambda_{n_i}) = \infty;$$

2°
$$\sum_{i=1}^{\infty} x^{\lambda_{n_i}+1};$$

3°
$$\sum_{m=1}^{\infty} x^{\lambda_m}$$

et supposons que les trois suites λ_n, $\lambda_{n_i}+1$, λ_m forment la suite de tous les nombres entiers.

Je démontre le théorème suivant :

La fonction

$$f(x) = \sum_{n=1}^{\infty} a_n x^{\lambda_n} + \sum_{m=1}^{\infty} x^{\lambda_m}$$

admet sur son cercle de convergence un point singulier au moins qui n'est pas un pôle.

Mais la fonction

$$\varphi(x) = \sum_{n=1}^{\infty} a_n x^{\lambda_n} + \sum_{i=1}^{\infty} x^{\lambda_{n_i}+1} + \sum_{m=1}^{\infty} x^{\lambda_m}$$

peut n'avoir qu'un pôle simple sur ce cercle.

On voit donc que la nature des singularités sur le cercle de convergence est liée à la suite $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_n, \ldots$.

MÉCANIQUE. — *Sur l'écrouissage.*
Note de M. **Malaval**, présentée par M. Mesnager.

Dans une Note du 9 octobre 1922, M. Seigle signale les avantages de l'écrouissage appliqué à la fabrication des tubes et des canons.

Nous avons à partir de 1909 effectué toute une série d'essais sur ce sujet, en écrouissant des tubes non par traction longitudinale mais par compression interne. L'application d'une pression interne produit en effet l'état de frettage continu, et c'est ce qui constitue l'avantage principal de la méthode.

Nous avons pu ainsi fabriquer pour la première fois en 1912 par ce procédé avec le concours gracieux de MM. Schneider, un canon de 14^{cm} de marine, dont les essais au tir ont donné d'excellents résultats.

D'autre part l'écrouissage exercé dans un sens ne produit pas des effets égaux dans tous les sens.

Une barre d'acier écrouie par traction longitudinale présente suivant son axe une résistance à la compression exactement égale à sa limite élastique primitive, et perpendiculairement à son axe une résistance plus grande que la limite élastique primitive mais inférieure cependant à la charge unitaire appliquée par traction [1].

THÉORIE DE LA RELATIVITÉ. — *Intégration locale des équations d'Einstein (problème intérieur).* Note de M. **Georges Darmois**.

A l'intérieur de la matière, les coefficients de la forme fondamentale satisfont aux dix équations suivantes, où $T_{\lambda\mu}$ est le tenseur matériel conservatif :

$$R_{\lambda\mu} = -\chi\left[T_{\lambda\mu} - \frac{1}{2} g_{\lambda\mu} T\right]. \tag{1}$$

Prenons

$$T_{\lambda\mu} = \rho u_\lambda u_\mu, \qquad T = \rho, \qquad R = \chi\rho,$$

u_λ, u^λ sont les composantes covariantes et contrevariantes de la vitesse généralisée. On introduit donc cinq inconnues nouvelles qui satisfont aux quatre

(1) Voir *Mémorial de l'Artillerie française*, 1922.

équations de conservation du tenseur et à l'équation

$$\sum g_{\lambda\mu} u^\lambda u^\mu = 1.$$

Ces équations, on le sait, se transforment et donnent :

1° L'équation de continuité

$$\sum_i \frac{\partial(\rho u^i)}{\partial x_i} = 0;$$

2° Quatre équations exprimant que les lignes de courant généralisées sont des géodésiques de l'espace cherché.

Nous adopterons les mêmes coordonnées que pour le problème extérieur (¹), x_4 sera la distance géodésique normale à un certain espace à trois dimensions.

Si nous joignons à ces cinq équations les six premières, $\lambda, \mu = 1, 2, 3$ du groupe (I), nous déterminerons de façon unique nos onze inconnues, connaissant les valeurs de $g_{\lambda\mu}$, $\frac{\partial g_{\lambda\mu}}{\partial x_4}$, u^i, ρ pour $x_4 = 0$. Il faut, pour cela, que l'espace choisi comme espace initial ne soit pas exceptionnel, et que, de plus, la composante $u_4 = u^4$ ne soit pas nulle pour $x_4 = 0$, ce qui exprime que la vitesse n'est pas partout tangente à l'espace initial.

Il reste à satisfaire cinq équations

$$R_{i4} = -\chi\rho u_i u_4, \qquad R_{44} = -\chi\rho\left[u_4^2 - \frac{1}{2}\right], \qquad \sum g_{\lambda\mu} u^\lambda u^\mu = 1.$$

Il est facile de voir qu'il suffit que ces équations soient vérifiées pour $x_4 = 0$. Elles déterminent successivement les valeurs initiales de ρ, u_4 (au signe près), puis u_1, u_2, u_3 en fonction des données initiales $g_{\lambda\mu}$, $\frac{\partial g_{\lambda\mu}}{\partial x_4}$, sous les conditions, vérifiées dans l'espace initial :

$$1^\circ \quad R \neq 0; \qquad 2^\circ \quad R_{44} - \frac{1}{2} R \neq 0.$$

La solution du problème est unique, on voit qu'elle est en somme plus simple que celle du problème extérieur.

Mais le point intéressant est que l'espace extérieur et l'espace intérieur doivent avoir deux formes quadratiques qui se prolongent. Tout le long de l'espace à trois dimensions engendré par la surface qui limite une masse ma-

(¹) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 646.

térielle, les valeurs des potentiels et de leurs dérivées premières ont la même valeur pour les deux espaces.

Or nous savons que, pour le problème extérieur, les données initiales ne sont pas quelconques. Elles satisfont à quatre conditions. Si l'on essaie de déterminer ρ et les u^i, on constate que u_4 est forcément nul. On se trouve donc dans le cas exceptionnel du problème intérieur.

Les données restantes u^1, u^2, u^3 ne sont plus quelconques. Elles doivent satisfaire à quatre équations, conditions nécessaires.

Leur interprétation est que l'espace de séparation $x_4 = 0$ doit être engendré par des géodésiques de l'espace total, géodésiques qui le sont à la fois pour l'espace extérieur et l'espace intérieur. Si la masse matérielle est très petite, on retrouve, sous une forme précise, l'énoncé classique des géodésiques, qui n'est donc jamais qu'un résultat approché.

Il n'est pas difficile d'étendre ces résultats au cas ou le tenseur matériel est celui qui convient à un fluide parfait. Si l'on prend le problème général à partir du problème intérieur, supposé résolu, on constate aisément que les conditions qui sont supposées vérifiées à la surface de la matière indiquent précisément la possibilité du prolongement par un ds^2 extérieur. La condition $u_4 = 0$ suffit à vérifier les quatre conditions du problème extérieur.

Ainsi le ds^2 intérieur détermine entièrement et d'une façon unique le ds^2 extérieur.

On peut en déduire une vue assez nette du problème des n corps. A chacune des masses matérielles est attachée une forme quadratique qui est son ds^2 intérieur.

Chacune de ces formes admet un prolongement unique dans l'espace extérieur. Il faut que ces formes extérieures soient les mêmes, si l'on a adopté un système de coordonnées unique. Ces conditions déterminent, autant qu'il est possible, la dépendance mutuelle des mouvements des n masses.

Même dans le cas simple de deux corps, ce problème paraît très difficile.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur les mouvements plans des liquides doués de viscosité.* Note de M. U. Cisotti.

Soient : μ le coefficient de viscosité, u et w les composantes de la vitesse, p la valeur de la pression, ρ la densité d'un liquide lorsque les trajectoires sont planes et verticales.

D'après M. J. Grialou (¹), en posant

$$u = -\frac{\partial\Phi}{\partial z}, \qquad w = \frac{\partial\Phi}{\partial x},$$

on obtient, dans l'hypothèse d'un régime permanent, la relation

$$(1) \qquad \frac{\mu}{\rho}\Delta\Delta\Phi = -\frac{\partial\Phi}{\partial z}\frac{\partial\Delta\Phi}{\partial x} + \frac{\partial\Phi}{\partial x}\frac{\partial\Delta\Phi}{\partial z}$$

déterminant analytiquement la fonction Φ.

Très récemment j'ai trouvé (²), dans l'hypothèse plus générale d'un régime variable, la relation suivante (avec les notations de M. J. Grialou):

$$(2) \qquad \Delta\left(\frac{\mu}{\rho}\Delta\Phi - \frac{\partial\Phi}{\partial t}\right) = \omega,$$

ayant indiqué par ω le second membre de (1), qui est simplement le jacobien de $\Phi e \Delta\Phi$.

Si le régime est permanent on a

$$\frac{\partial\Phi}{\partial t} = 0$$

et (2) deviendra bien (1).

M. J. Grialou observe que, si le liquide est parfait, $\mu = 0$ et l'on a, d'après notre notation,

$$(3) \qquad \omega = 0,$$

qui admet la solution

$$\Delta\Phi = \mathrm{K}\,e^{\Phi}.$$

On peut remarquer à ce propos qu'il s'agit d'une solution *très* particulière. La solution générale de (3) est la suivante :

$$\Delta\Phi = \mathrm{F}(\Phi),$$

où F désigne une fonction arbitraire de Φ. C'est la solution des mouvements plans d'un liquide parfait, déjà envisagée par Lagrange (³).

(¹) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 566.

(²) *Sulle equazioni del moto piano dei liquidi viscosi* (*Rendiconti del R. Istituto Lombardo*, vol. 56, 1923).

(³) *Œuvres*, t. 14, p. 720, et STOKES, *Papers*, t. 1, p. 15.

ASTRONOMIE. — *La réforme du Calendrier en Grèce.* Note de M. **D. Eginitis**, présentée par M. Bigourdan.

La question de l'unification du Calendrier, qui, depuis environ trois siècles et demi (1582), préoccupe le monde civilisé, s'est toujours heurtée jusqu'ici, dans l'Europe orientale, à plusieurs difficultés et objections politiques et religieuses ou ecclésiastiques, plus ou moins fondées.

La principale difficulté religieuse qui entravait la réforme du Calendrier Julien chez les orthodoxes a été le fameux Canon pascal du Concile de Nicée. Pendant longtemps, cet obstacle a paru insurmontable, car, si le décret de ce Concile œcuménique ne permettait pas la réforme du Calendrier ecclésiastique en ce qui concerne la célébration de la Pâque, il faudrait la réunion d'un autre Concile œcuménique pour le changer, c'est-à-dire, vu les conditions actuelles de l'église grecque, quelque chose d'impossible.

Mais ce décret, qui passait pour perdu, a été retrouvé.

Or, *il ne contient rien qui puisse contrarier la réforme du Calendrier;* au contraire, il constitue un motif pressant pour faire la réforme conformément aux indications de la Science et la Vérité.

En effet, le Concile de Nicée ne détermine ni la manière de fixer la Pâque, ni la date du 21 mars Julien comme date de l'équinoxe, ni cet équinoxe même comme limite initiale de cette fête; il ordonne simplement: *que tous les chrétiens célèbrent le même jour unanimement la sainte fête de Pâques.*

D'autre part, l'Église universelle a accepté depuis lors, conformément à la règle traditionnelle, suivie même par l'ancienne synagogue, que la *Pâque doit être célébrée le dimanche qui suit le quatorzième jour de la première lunaison après l'équinoxe du printemps.*

Mais en 325, année du Concile de Nicée, l'équinoxe du printemps, suivant l'opinion des astronomes d'Alexandrie, tombait le 21 mars (réellement le 20 mars julien 16^h t. m. de Jérusalem). Et cette date fut depuis acceptée par toute l'Église comme première limite des pleines lunes pascales ou comme date ecclésiastique de l'équinoxe du printemps dans le calendrier Julien.

Mais cette date julienne, qui, suivant la croyance de cette époque, serait la *date perpétuelle* de l'équinoxe vernal, n'est réellement pas fixe; et, en conséquence de sa mobilité, la vraie date de l'équinoxe est actuellement

éloignée du 21 mars julien d'environ 13 jours. La décision donc du Concile de Nicée et la règle traditionnelle, rappelée ci-dessus, loin de se contrarier, imposent au contraire la réforme.

L'Église orthodoxe n'a jamais voulu se séparer des prescriptions de ce Concile et de la Science.

Une autre difficulté ecclésiastique tient à *l'origine* même de la réforme grégorienne.

Mais, son remplacement par un nouveau [instamment réclamé ces dernières années par tout le monde civilisé (1) et décidé, sur la proposition de l'Académie des Sciences de Paris, par l'Association des Académies, en 1913, à Petrograd et, actuellement, par l'Union astronomique qui a nommé une Commission spéciale dans ce but], fait dissiper cette difficulté; l'accession simultanée de toutes les Églises chrétiennes au nouveau Calendrier perpétuel, rédigé au mois de mai 1922, par cette Union à Rome, facilitera celle de l'Église orthodoxe aussi.

Une autre difficulté, très grande, a été l'inflexible opposition de la Russie, qui, pour des raisons politiques et ecclésiastiques, n'a jamais voulu accéder au calendrier grégorien; mais les conséquences de la guerre mondiale et les modifications qu'elle a apportées dans la situation politique des nations orthodoxes du centre, de l'est et du sud-est de l'Europe, ont levé, en grande partie, ces difficultés.

Profitant de ces circonstances favorables, j'ai soumis au Gouvernement hellénique, au mois de décembre 1918, un long mémoire, montrant la nécessité, l'opportunité et la justesse scientifique de cette réforme.

Ce mémoire fut adressé par le Ministère des cultes au Saint-Synode de Grèce avec la prière de l'étudier et de se prononcer. Le Saint-Synode, après un mûr examen de la question, a adopté, *à l'unanimité*, la motion suivante, conforme aux conclusions de mon mémoire :

« Que le changement du calendrier Julien, ne se heurtant à des raisons dogmatiques et canoniques, peut être réalisé, après une entente avec toutes les autres églises autocéphales orthodoxes et notamment avec le Patriarcat de Constantinople, auquel devrait nécessairement être confiée l'initiative de toute action relative, à condition non pas de l'accession au calendrier grégorien, mais de la rédaction d'un nouveau calendrier, plus exact, au point de vue scientifique, et exempt des défauts des deux calendriers Julien et grégorien. Si l'État croit qu'il ne peut pas attendre jusqu'à l'établisse-

(1) La question de la réforme du calendrier est de nouveau au programme du Congrès international des Chambres de commerce, qui doit se tenir à Rome du 23 au 27 mars 1923.

ment du nouveau calendrier scientifique, il est libre d'adopter le calendrier grégorien, tandis que l'Église, *en attendant*, gardera le calendrier Julien. »

Le gouvernement hellénique, profitant de cet important arrêté, a promulgué le 18/31 janvier, un décret législatif, suivant lequel : le 16 février 1923 (v. s.), en Grèce, sera pour toutes les relations civiles, le 1er mars 1923. Le Calendrier Julien sera conservé pour l'Eglise et les fêtes religieuses.

Mais pour que l'Église grecque change aussi son calendrier, elle doit obtenir d'abord le consentement de toute l'Eglise orthodoxe.

C'est pour cette raison que tous les États orthodoxes aussi ont réalisé l'unification de la mesure du temps *sans toucher aux fêtes religieuses*, en introduisant simplement dans les actes de la vie civile et politique la date grégorienne.

D'après l'arrêté ci-dessus du Saint-Synode de Grèce, l'Église grecque est bien disposée à changer son calendrier; mais elle paraît préférer l'adoption directe d'un calendrier, exempt des défauts communs au Calendrier Julien et au Calendrier grégorien; les raisons ne sont pas seulement celles d'ordre ecclésiastique, citées plus haut, mais en outre, des raisons pratiques. En effet, il n'est ni pratique ni prudent que l'Église change son calendrier et, par conséquent, ses règles et ses habitudes séculaires pour en adopter un autre *aussi fautif*, juste au moment même où tous les peuples qui suivent ce dernier trouvent qu'il est nécessaire de l'abandonner pour ses défauts. En acceptant ce calendrier, elle serait bientôt obligée de procéder à une nouvelle réforme qui apporterait un nouveau trouble dans les règles et les habitudes nouvellement reçues, ce qui est très dangereux et pourrait avoir des conséquences très graves.

Mais pour que le nouveau calendrier, rédigé dernièrement à Rome par la Commission 32 de l'Union astronomique puisse être un jour adopté en même temps par tout le monde, il est indispensable qu'une autorité s'en occupe. Or c'est l'Académie des Sciences de Paris qui a pris l'initiative de proposer, en 1913, l'examen de la réforme du calendrier par l'Association des Académies; c'est donc à elle qu'appartient le droit d'utiliser le résultat de sa proposition, soit directement, soit par l'intermédiaire de la Société des Nations, qui en raison de son autorité et de sa juridiction, est tout indiquée pour se charger de faire aboutir l'adoption du nouveau calendrier, non seulement par les peuples chrétiens, mais aussi par tous les peuples civilisés.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *La diffraction des rayons X par les corps smectiques* [1]. Note de MM. **M. de Broglie** et **E. Friedel**, présentée par M. Brillouin.

Les travaux de G. Friedel sur les corps méromorphes ont mis en évidence qu'il existe, pour la matière, entre l'état amorphe et l'état cristallisé, deux états intermédiaires possibles : l'état nématique, dans lequel les molécules seraient distribuées au hasard mais auraient toutes une direction commune (liquides à fils et à noyaux); l'état smectique, dans lequel les molécules, ayant une direction commune, seraient en outre réparties par surfaces parallèles équidistantes (liquides à coniques). Les corps cholestériques (liquides à plans de Grandjean), qui paraissent former un troisième groupe, ne sont que des corps nématiques doués de torsion [2].

Si ces idées sont exactes, ni les corps nématiques ni les corps cholestériques ne doivent diffracter nettement les rayons X. C'est ce qui a été constaté par Huckel [3]. Au contraire, les corps smectiques possédant une répartition périodique des molécules, doivent agir sur les rayons X comme ferait un des systèmes de plans réticulaires parallèles d'un cristal. En particulier, une portion de matière smectique qui présente toutes les orientations possibles de ces surfaces parallèles, doit diffracter un faisceau monochromatique et donner sur une plaque normale au rayon direct un spectre formé d'anneaux concentriques.

Tel est le résultat que nous avons cherché à vérifier.

Il fallait, selon toute probabilité, employer des rayons de grande longueur d'onde : la formule chimique des corps smectiques comporte toujours une longue chaîne rectiligne, et tout amenait à considérer ces chaînes comme orientées parallèlement à l'axe optique, donc suivant la normale aux plans privilégiés; la distance entre points homologues de deux couches successives, la période, devait donc être au moins égale à la longueur de ces chaînes et considérable par rapport aux distances interatomiques.

Nous disposions même d'une mesure probable de cette période pour certains corps smectiques, les oléates : les mesures de Perrin et de Wells [4]

---

(1) Nous emploierons dans cette Note, pour désigner les liquides anisotropes, les expressions proposées par G. Friedel, *Ann. de Phys.*, novembre-décembre 1922.

(2) G. Friedel, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 475.

(3) Huckel, *Phys. Zeitsch.*, t. 22, 1921, p. 561.

(4) P.-V. Wells, *Annales de Physique*, p. 69.

sur des lames minces obtenues avec un mélange d'oléate de potasse, de glycérine et d'eau ont établi que ces lames sont formées de feuillets élémentaires identiques dont l'épaisseur est d'environ 42 à 44 Ångström. Il semble donc que l'eau de savon prenne, en lame mince, la structure smectique que possèdent, à l'état anhydre, les oléates et l'on peut prévoir que l'on obtiendra avec les oléates des anneaux de diffraction correspondant à une équidistance de l'ordre de 40 Å.

Nous avons adopté un tube à anticathode de cuivre, donnant dans les conditions d'emploi une radiation pratiquement monochromatique (raies K_α 1,541 et 1,537 Å.) et permettant encore de travailler à l'air libre.

Nos premiers essais ont porté sur les oléates d'ammonium, de sodium et de potassium. Divers clichés ont été obtenus, notamment avec l'oléate de sodium à froid. Ils comportent les résultats prévus.

On voit au centre un premier anneau, presque aussi noir que la tache centrale correspondant aux rayons directs, puis deux anneaux de diamètres double et triple du premier, d'intensité décroissante, et qui correspondent aux réflexions des deuxième et troisième ordres. Des anneaux de grands diamètres, moins visibles, correspondent à des diffractions entre atomes dans la molécule.

La mesure des diamètres des premiers anneaux, notamment celle du troisième qui a pu être faite à environ 2 pour 100 près, donne pour l'équidistance la valeur 43,5 Å., en bon accord avec les mesures de Wells.

Des résultats analogues ont été obtenus avec l'oléate de potasse et l'oléate d'ammonium.

Nous continuons nos recherches pour vérifier si les mêmes résultats s'observent avec les autres corps smectiques et chercher à établir, notamment en utilisant les anneaux de grands diamètres, la structure atomique de ces corps.

Conclusions. — 1° Les corps smectiques se composent bien, comme le prévoyait G. Friedel, de couches moléculaires équidistantes.

2° Les lames minces de savon sur lesquelles J. Perrin avait découvert sa loi des épaisseurs multiples ne sont pas des lames d'un corps amorphe, mais d'un corps smectique. Ceci est à retenir également dans l'extension aux liquides amorphes des propriétés capillaires découvertes sur les lames de savon.

3° Combinée avec les mesures de Wells, notre expérience constitue

sans doute la première mesure directe d'une longueur d'onde de rayons X à partir des longueurs d'onde optiques, sans intervention ni de la constante d'Avogadro, ni de la constante de Planck. Nos mesures, ni celles de Wells (qui dépendent de l'indice de réfraction attribué à la couche) ne sont encore assez précises pour donner autre chose qu'une vérification de l'ordre de grandeur des chiffres déjà admis.

4° On sait que la mesure directe par diffraction des longueurs d'onde des rayons X très mous était limitée par la possibilité d'obtenir des cristaux présentant des plans réticulaires à grande équidistance et suffisamment denses pour donner une diffraction notable. L'emploi des corps smectiques va peut-être permettre d'atteindre la mesure directe des longueurs d'onde les plus grandes (théoriquement, jusqu'à près de 80 Å. avec les oléates).

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Sur les limites d'absorption K de quelques éléments.* Note de M. J. Cabrera, présentée par M. G. Urbain.

Malgré le grand nombre de mesures qui ont été faites [1] sur les limites d'absorption K des éléments chimiques, nous croyons qu'il y a quelque intérêt à donner une série de mesures systématiques dans la région des terres rares, où les données sont peu nombreuses; dans cet ordre d'idées nous avons fait une série assez complète, profitant de l'amabilité de M. Urbain, que nous remercions vivement pour les échantillons de terres rares qu'il a mis à notre disposition.

Nous avons employé pour les mesures le spectrographe à cristal tournant de M. de Broglie et sa méthode [2] en interposant entre le tube et le cristal un écran de plomb avec une fenêtre remplie de la substance à étudier. Comme source nous avons utilisé, soit un tube Coolidge à anticathode de tungstène, soit un tube à gaz à anticathode de platine, ce dernier principalement pour le thulium, dont la limite d'absorption K est très près de la

---

(1) De Broglie, *Journ. de Physique*, 1916, p. 161, et *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 725. — Wagner, *Ann. der Phys.*, mars 1915. — Blacke et Duane, *Phys. Rev.*, 1917, II, p. 98 et 698. — Duane et Kang Fu-Hu, *Phys. Rev.*, 1918, I, p. 488, et 1919, II, p. 523. — Siegbahn et Jönsson, *Phys. Zeitsch.*, 1919, p. 251. — Fricke, *Phys. Rev.*, 1920, II, p. 202. — Duane et Stenström, *Nat. Acad. Proc.*, 1920, p. 477. — Duane, Fricke et Stenström, *Nat. Acad. Proc.*, 1920, p. 607. — M. de Broglie et J. Cabrera, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 433.

(2) De Broglie, *Journ. de Physique*, 1916, p. 161.

raie K_{α_1} du tungstène; dans tous les cas l'anticathode était de profil. La distance cristal-plaque, qui doit être sensiblement égale à la distance anticathode-cristal, laquelle était de 500^{mm} environ, a été calculée à partir des mesures faites en premier et deuxième ordre sur les raies de la série K du tungstène et du platine en prenant comme longueurs d'onde les données de MM. Duane et Stenström [1] et de M. de Broglie [2], calcul qui a conduit à des résultats très concordants.

Outre les mesures faites avec la série des terres rares, nous avons mesuré la limite d'absorption pour le tantale, au moyen du tube de platine fonctionnant à un potentiel de 72 kilovolts environ, de manière à exciter un spectre continu dans la région nécessaire, mais sans obtenir les raies K de l'anticathode, ce qui a donné un bon résultat.

Le Tableau ci-dessous résume les valeurs obtenues pour les longueurs d'onde, en employant comme constante réticulaire :

$$d = 2,814 \times 10^{-8} \text{ cm}.$$

Élément.	Z.	λ en U.X.	$\sqrt{\frac{\nu}{R}}$.
La	57	318,6	53,48
Ce	58	306,5	54,53
Pr	59	295,1	55,56
Nd	60	284,6	56,58
Sm	62	264,4	58,71
Eu	63	254,8	59,81
Gd	64	246,2	60,84
Tb	65	237,6	61,93
Dy	66	230,1	62,93
Ho	67	221,8	64,09
Er	68	215,8	64,99
Tu	69	208,5	66,11
Yb	70	201,6	67,23
Lu	71	195,1	68,34
Ct	72	190,1	69,23
Ta	73	183,6	70,45

Comme le montre les nombres de la dernière colonne, les valeurs de $\sqrt{\frac{\nu}{R}}$ s'éloignent de la simple relation linéaire à mesure que l'on s'avance dans la série des nombres atomiques.

(1) *Phys. Rev.*, I, 1920, p. 329.
(2) M. de Broglie, *Conférence-Rapport sur les rayons X*, p. 90.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Photolyse de l'acide tartrique et des acides-alcools.* Note de M. **Volmar**, présentée par M. Daniel Berthelot.

La photolyse de l'acide tartrique, signalée par MM. D. Berthelot et Gaudechon [1], a été invoquée par Bolin et Linder [2], puis par Benrath et Oberbach [3] pour expliquer l'altération à la lumière du réactif cupropotassique, toujours accompagnée d'un dégagement d'hydrogène que Benrath attribue à une action catalytique du cuivre réduit sur les produits de décomposition de l'acide tartrique. Ayant constaté nous-même [4] que ce dégagement gazeux se produit aussi bien en l'absence de cuivre, dans des solutions alcalines de sel de Seignette (liqueur de Fehling II de G. Bertrand) que dans la liqueur de Fehling elle-même, nous avons pensé qu'on pouvait l'expliquer, ainsi que la formation de substances réductrices qui prennent naissance au cours de la réaction par les lois de la photolyse, et dans ce but, nous avons étudié l'action des radiations de courte longueur d'onde ($\lambda = 0,2$) sur des solutions d'acide tartrique et de divers acides-alcools.

I. *Action des radiations ultraviolettes sur l'acide tartrique.* — 25^{cm^3} de solution aqueuse d'acide tartrique à 1 pour 100 ont été exposés pendant 3 heures aux radiations émises par une lampe Westinghouse, type Silica 110 volts, marchant sous le courant continu, sous un régime peu poussé (3 ampères).

1° Le mélange gazeux recueilli ($V = 3^{cm^3},5$) avait, comme composition moyenne, déduite de plusieurs analyses :

	Pour 100.
CO^2	66
CO	10
H	21
Carbure	3

2° La solution limpide et incolore présentait une odeur forte d'aldéhyde et des propriétés nettement réductrices. Par distillation fractionnée, nous avons séparé la totalité des produits volatils et entraînables. Le distillat obtenu réduisait à chaud la liqueur de Fehling, le nitrate d'argent ammoniacal et le sous-nitrate de bismuth en milieu alcalin; il colorait en violet le

(1) *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 262.
(2) *Z. für Physik Ch.*, t. 93, p. 721.
(3) *Z. für Physik Ch.*, t. 98, p. 498.
(4) *Bull. Soc. ch.*, 7e série, t. 31, p. 846.

bisulfite de rosaniline et donnait les réactions colorées des premiers termes de la série aldéhydique (formol, acétaldéhyde).

Le résidu indistillable, inentraînable par la vapeur d'eau, inépuisable par les réactifs organiques, privé d'acide tartrique par défécation, présentait des propriétés fortement réductrices : il recolorait le bisulfite de rosaniline, donnait avec le phénol et les naphtols les réactions colorées que Denigès préconise pour reconnaître la présence de petites quantités d'alcools-aldéhydes et d'hexoses; avec le molybdate d'ammonium chlorhydrique, la coloration bleue caractéristique des sucres, avec l'acétate de phénylhydrazine, nous avons obtenu une coloration jaune d'or, mais aucune osazone n'a cristallisé par refroidissement.

Ces réactions semblent indiquer la formation, au cours de la photolyse de l'acide tartrique, de petites quantités d'une substance voisine des hexoses, par condensation de l'oxyde de carbone et de l'hydrogène provenant de la photolyse de la fonction alcool.

II. *Action des radiations ultraviolettes sur les tartrates.* — Le dégagement gazeux est moins abondant que dans le cas de l'acide tartrique, et le gaz recueilli ne renferme pas d'anhydrique carbonique, la fonction alcool se photolysant seule. Les bitartrates, renfermant un carboxyle non salifié, sont plus fortement photolysés que les tartrates neutres; par contre, la présence d'un excès d'alcali (liqueur de Fehling) favorise la décomposition, l'oxyde de carbone peut dans ce cas être entièrement transformé en formol et produits de condensation, le gaz recueilli ne renferme plus alors que de l'hydrogène et des carbures, ainsi que l'ont signalé Benrath et Oberlach (*loc. cit.*).

III. *Action des radiations ultraviolettes sur les homologues de l'acide tartrique.* — Nous avons exposé aux radiations émises par une lampe à vapeur de mercure, comparativement à l'acide tartrique, des solutions aqueuses de même concentration (1 pour 100) d'acides lactique, citrique, malique. La photolyse s'est produite dans tous les cas avec dégagement gazeux et formation de substances réductrices fixes, voisins des hexoses; elle est accélérée par la présence de catalyseurs lumineux (acétate d'uranyle). Le mélange gazeux recueilli, d'un volume plus considérable dans le cas de l'acide tartrique que dans celui de ses homologues, renfermait toujours de l'anhydride carbonique, de l'oxyde de carbone et de l'hydrogène, ce dernier gaz en proportion sensiblement double de celle de l'oxyde de carbone, résultats conformes à ceux signalés par MM. D. Berthelot et Gaudechon.

En résumé, sous l'influence des radiations ultraviolettes, et même de la lumière solaire, mais dans une proportion bien plus faible, les acides-alcools

et leurs sels sont décomposés conformément aux lois générales de la photolyse; en milieu très alcalin, l'oxyde de carbone peut disparaître entièrement par condensation avec une partie de l'hydrogène et formation de substances réductrices voisines des sucres.

Cette photolyse est à rapprocher des phénomènes observés au cours de la maturation des fruits; la disparition progressive d'une partie des acides-alcools (tartrique, malique) contenus dans les fruits verts et leur enrichissement en sucres réducteurs ne seraient-ils pas explicables par un processus photochimique ?

SPECTROSCOPIE. — *Les spectres d'absorption ultraviolets du vératrol et de la vanilline.* Note (¹) de M. **Pierre Steiner**, présentée par M. G. Urbain.

Les spectres d'absorption ultraviolets du vératrol et de la vanilline sont de nouveaux exemples montrant l'influence de l'introduction successive de groupes atomiques divers dans les molécules des dérivés du benzène sur leurs propriétés absorbantes.

L'étude des spectres ultraviolets du phénol et des diphénols en solution hexanique a été faite en détail par M. Klingstedt (²). Il a montré que la substitution d'un H du benzène par un OH réduisait le nombre du premier groupe des bandes d'absorption du benzène de 8 à 3, déplaçait tout le spectre vers le rouge de 85 Å et décuplait l'intensité de l'absorption; que, par l'introduction d'un second groupe OH en position « ortho » dans la molécule de phénol (pyrocatéchine), le spectre du phénol n'était pas modifié dans son allure générale, mais seulement décalé vers le rouge de 60 Å sans augmentation de l'intensité de l'absorption.

Nous avons calculé les courbes d'absorption quantitatives du vératrol, dérivé diméthylé de la pyrocatéchine, et de la vanilline, l'éther méthylé de la dioxybenzaldéhyde.

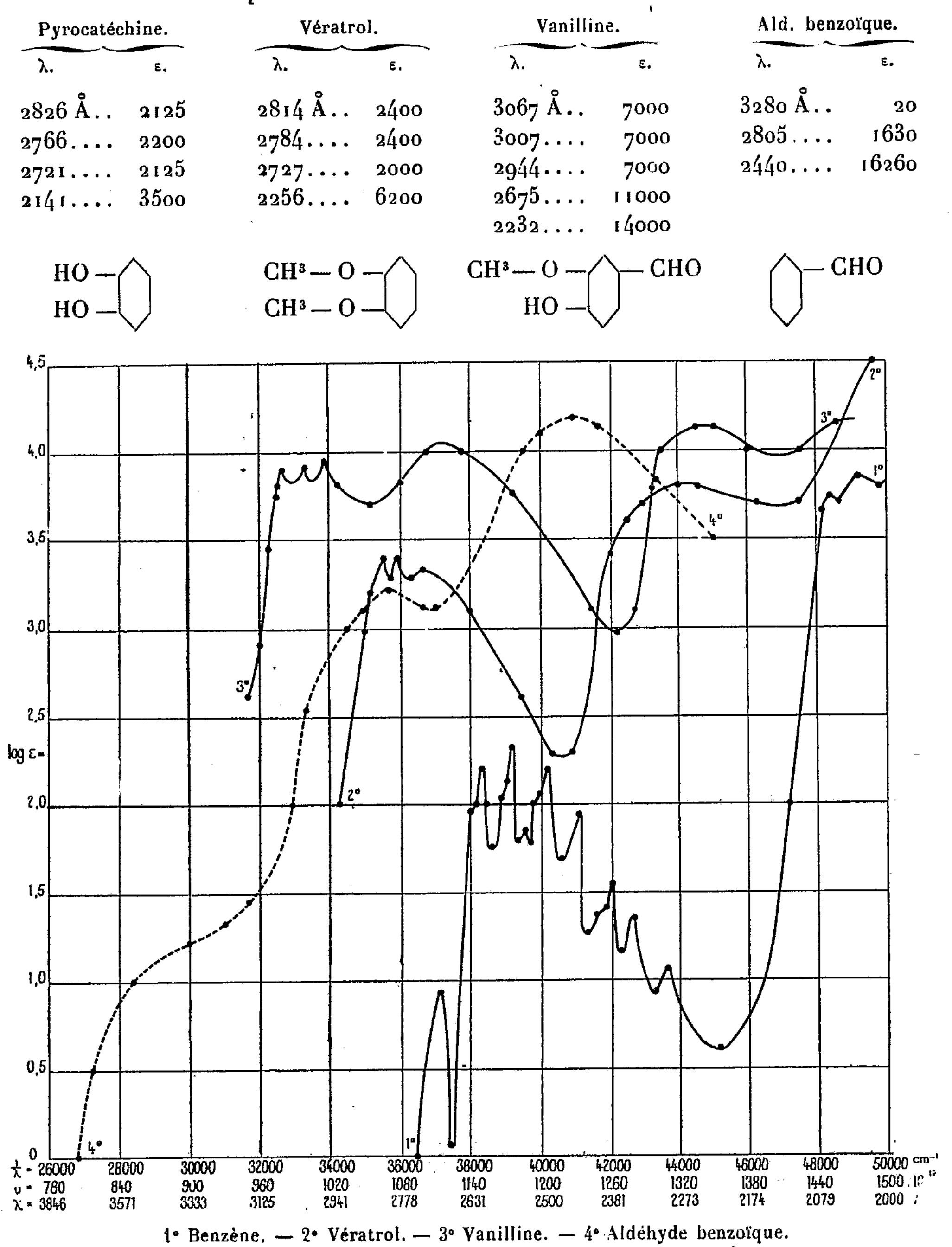
La figure ci-contre représente les courbes d'absorption : 1° du benzène (empruntée à V. Henri, *Journal de Physique*, juin 1922); 2° du vératrol et 3° de la vanilline en solutions hexaniques, et 4° de l'aldéhyde benzoïque en solution alcoolique (empruntée à V. Henri, *Études de Photochimie*, Paris, 1919). En abscisses sont portées les fréquences, en ordonnées les logarithmes des coefficients d'absorption ε définis par $J = J^{o}.10^{-\varepsilon c d}$.

(¹) Séance du 5 mars 1923.

(²) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 812, et t. 175, 1922, p. 365.

Le Tableau suivant donne les positions des bandes d'absorption et leurs coefficients d'absorption de :

Pyrocatéchine.		Vératrol.		Vanilline.		Ald. benzoïque.	
λ.	ε.	λ.	ε.	λ.	ε.	λ.	ε.
2826 Å..	2125	2814 Å..	2400	3067 Å..	7000	3280 Å..	20
2766....	2200	2784....	2400	3007....	7000	2805....	1630
2721....	2125	2727....	2000	2944....	7000	2440....	16260
2141....	3500	2256....	6200	2675....	11000		
				2232....	14000		



1° Benzène. — 2° Vératrol. — 3° Vanilline. — 4° Aldéhyde benzoïque.

La courbe d'absorption du *vératrol* est très semblable à celle de la pyrocatéchine. Elle présente aussi un groupe de trois bandes étroites assez floues dans l'ultra-violet moyen aux environs de 2800 Å, la troisième bande nettement moins prononcée que les deux autres; puis une quatrième bande plus intense et large dans l'ultra-violet extrême. La comparaison des chiffres du Tableau ci-dessus montre que les différences de position des trois premières bandes sont minimes et que leurs coefficients d'absorption sont du même ordre de grandeur. La quatrième bande est décalée d'environ 100 Å vers le rouge par rapport à celle de la pyrocatéchine et son intensité est environ deux fois plus forte. Le fait important qui ressort de cette comparaison est le peu d'influence excercé sur l'absorption par l'introduction de deux groupes méthyl dans la molécule de pyrocatéchine.

La courbe de la *vanilline* doit être comparée d'une part à celle de la pyrocatéchine et du vératrol, d'autre part à celle de l'aldéhyde benzoïque. On retrouve dans la vanilline le groupe des trois premières bandes étroites et floues de la pyrocatéchine et du vératrol, mais décalées vers le rouge d'environ 200 Å en même temps que l'intensité de l'absorption est triplée; on retrouve aussi la bande large dans l'ultra-violet extrême, déplacée légèrement vers les petites longueurs d'onde et avec un coefficient d'absorption double. On trouve de plus une nouvelle bande large dans l'ultra-violet moyen qui doit être attribuée à l'action du groupe aldéhyde. Par rapport à cette nouvelle bande, l'aldéhyde benzoïque possède dans cette région spectrale deux bandes, une du côté des grandes et l'autre du côté des petites longueurs d'onde. Il n'est pas encore possible de déterminer avec sûreté à laquelle des deux correspond celle de la vanilline.

SPECTROSCOPIE. — *Loi de distribution des bandes dans le spectre d'absorption ultraviolet de la vapeur de toluène.* Note de MM. **Victor Henri** et **F. Walter**, présentée par M. G. Urbain.

L'un de nous a montré (¹) que le spectre d'absorption de la vapeur de benzène se compose de plusieurs centaines de bandes qui sont distribuées d'après la loi établie théoriquement pour les molécules biatomiques

$$\frac{1}{\lambda} = A + n.a - p.b - \frac{h}{8\pi^2.3.10^{10}J}[m^2 - (m+1)^2]$$

(¹) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 809; et *Journal de Physique et le Radium*, juin 1922.

où A correspond aux sauts électroniques, a et b aux vibrations des atomes, $\mathfrak{J}$ est le moment d'inertie de rotation de la molécule, n, p et m sont des nombres entiers.

Le spectre d'absorption de la vapeur de toluène se compose d'un grand nombre de bandes étroites, dont nous avons mesuré plus de 200. Elles sont distribuées entre $\lambda = 2731$ et 2325, présentent des bords nets du côté ultraviolet et sont dégradées vers le rouge. Celles comprises entre 2731 et 2500 sont fines et nettes, elles peuvent être mesurées avec une précision de 0,1 à 0,2 Å.; quelques-unes de ces bandes présentent une structure fine, elles se résolvent en lignes équidistantes à des intervalles égaux environ à 0,2 Å. Au delà de 2500 les bandes sont à bords flous, elles s'élargissent de plus en plus, les groupes se fusionnent et la largeur de ces groupes atteint 4 à 5 Å. L'aspect général du spectre de bande du toluène est beaucoup plus compliqué que celui du benzène.

Nous avons réussi à trouver la loi de distribution des bandes du toluène qui comprend absolument toutes les bandes observées; cette loi correspond à la formule

$$\frac{1}{\lambda} = A + n.a + p.b - q.c - \frac{h}{8\pi^2.3.10^{10}.\mathfrak{J}}(1 \pm 2m),$$

les valeurs des constantes sont

$$A = 37493,2; \quad a = 932,5; \quad b = 263,6; \quad c = 180 \quad \text{et} \quad \frac{h}{8\pi^2.3.10^{10}.\mathfrak{J}} = 1,3;$$

$$n = -1, 0, 1, 2, 3, 4;$$

$$p = -4, -3, -2, -1, 0, +1, +2, +3, +4, +5, +6;$$

$$q = 0, 1, 2, 3 \quad \text{et} \quad m = 0 \text{ à } 6.$$

L'intensité des bandes a été mesurée en déterminant la tension de vapeur minimum à laquelle apparaît chaque bande.

La bande la plus intense correspond à $n = 0$, $p = 0$, $q = 0$; puis suivent $n = 0$, $p = 0$, $q = 1$; $n = 1$, $p = 0$, $q = 0$; $n = 0$, $p = 2$, $q = 0$; $n = 1$, $p = 1$, $q = 0$; $n = 1$, $p = 2$, $q = 0$; $n = 1$, $p = 0$, $q = 1$, etc.; l'intensité diminue à mesure que les valeurs de n, p et q augmentent.

La concordance entre les valeurs calculées et observées est très satisfaisante, ainsi que le montre le Tableau suivant qui contient les premiers termes des différentes séries de bandes :

	$q = 0$.		$q = 1$.		$q = 2$.	
$n = 0$.	Calculé.	Observé.	Calculé.	Observé.	Calculé.	Observé.
$p = -2$......	36 966	36 968	36 786	37 790	36 606	36 606
$p = -1$......	37 230	37 227	37 049	37 045	36 870	36 866
0......	37 493	37 493	37 313	37 313	37 133	37 136
+1......	37 757	—	37 577	37 580	37 397	37 403
+2......	38 020	38 021	37 840	37 843	37 660	37 665
$n = 1$.						
$p = -1$......	38 162	38 164	37 982	37 982	37 802	37 801
0......	38 426	38 426	38 246	38 246	38 066	38 071
+1......	38 689	38 690	38 509	38 505	38 329	—
$n = 2$.						
$p = 0$........	39 358	38 356	39 178	39 182	38 998	39 000
$n = 3$.						
$p = 0$........	40 291	40 290	40 111	40 111	39 931	—

L'énergie interne d'une molécule est égale à la somme de trois termes : électronique W_e, atomique W_a et moléculaire de rotation W_m. Pour les molécules compliquées, la part due aux vibrations des atomes peut être décomposée en une somme de plusieurs termes qui correspondent aux différents groupes d'atomes qui vibrent conformément à la loi des quanta; on a donc

$$W_a = \varphi(a, b, c, \ldots);$$

en première approximation, cette fonction est linéaire. Dans le cas du benzène, deux fréquences interviennent : $a = 921,4$ et $b = 159$. Pour le toluène, nous trouvons trois fréquences fondamentales : $a = 932,5$; $b = 263,6$ et $c = 180$.

L'absorption d'un quantum $\frac{h.3.10^{10}}{\lambda}$ correspondant au passage de la molécule de l'état I à l'état II, on obtient la loi de distribution des bandes du toluène :

$$\frac{h.3.10^{10}}{\lambda} = W''_e - W' + [(n'' - n')a + (p'' - p')b + (q'' - q')c].h.3.10^{10} - \\ - \frac{h^2}{8.\pi^2}\left[\frac{1}{\mathfrak{I}'} \pm \frac{2.m}{\mathfrak{I}'} - m^2\left(\frac{1}{\mathfrak{I}''} - \frac{1}{\mathfrak{I}'}\right)\right].$$

La structure fine mesurée pour quelques bandes montre qu'il n'y a pas de terme en m^2, donc $\mathfrak{I}'' = \mathfrak{I}'$.

Le moment d'inertie de la molécule de toluène déduit de la structure fine est égal à $\mathfrak{I} = 21.10^{-40}$; l'un de nous avait trouvé pour le benzène $14,5.10^{-40}$. Ces valeurs permettent de construire un modèle spacial de la molécule de toluène.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'absorption ultraviolets de l'acide benzoïque et des trois acides oxybenzoïques.* Note de MM. **Armand Castille** et **F.-W. Klingstedt**, présentée par M. G. Urbain.

Nous avons mesuré par la méthode de Victor Henri les coefficients d'absorption ultraviolets de l'acide benzoïque en solution hexanique et des trois acides oxybenzoïques en solution dans l'hexane + 10 pour 100 d'éther (à cause de l'insolubilité dans l'hexane pure).

Résultats. — 1° L'introduction dans le noyau du benzène d'un groupement COOH provoque : un décalage du spectre vers le rouge de 230 Å. environ, une augmentation du coefficient d'absorption environ de quatre fois et un élargissement des bandes du benzène. Le spectre d'absorption de l'acide benzoïque présente, en effet, dans une première région trois bandes assez étroites, qui sont A : $\lambda = 2831$, $\varepsilon = 860$; B — 2760, $\varepsilon = 860$ et C — 2735, $\varepsilon = 700$, et bien plus loin vers l'ultraviolet une forte bande large pour $\lambda = 2310$, $\varepsilon = 5000$; il existe probablement encore une bande très forte de $\varepsilon > 20000$ dans l'ultraviolet extrême pour $\lambda < 1935$.

2° L'introduction d'un OH dans le noyau de l'acide benzoïque en positions *ortho* ou *méta* provoque une forte augmentation de l'absorption, un décalage intense du spectre vers le rouge, et un élargissement des bandes étroites.

3° Les deux dérivés *ortho* et *méta* présentent presque le même spectre, ainsi qu'on le voit sur la figure (courbes 2° et 3°) et d'après le Tableau suivant :

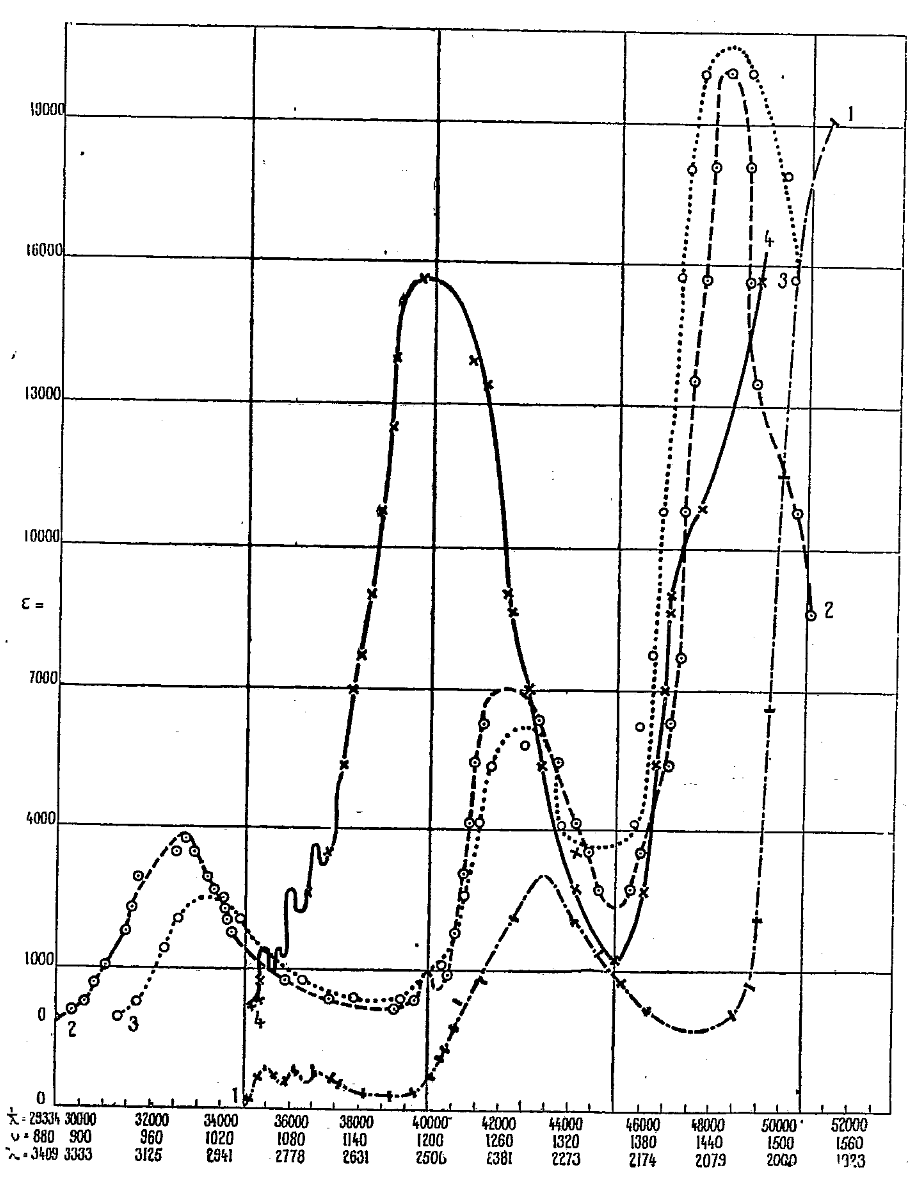
	1re bande.		2e bande.		3e bande.	
	λ.	ε.	λ.	ε.	λ.	ε.
Ac. *o*-oxybenz......	3027	3800	2367	7000	2070	20770
Ac. *m*-oxybenz......	2860	2500	2300	5800	2050	20500

4° Le dérivé *para* se distingue profondément des deux précédents (courbes 4°) : il possède cinq bandes étroites entre 2828 et 2671 ; puis une bande large et très intense pour $\lambda = 2519$, $\varepsilon = 15730$; enfin une inflexion vers $\lambda = 2100$ montrant l'existence d'une bande dans cette région, cette bande est fusionnée avec une bande large dans l'ultraviolet extrême au delà de 1935. Les positions des bandes sont indiquées dans le Tableau suivant :

Ac. *p*-oxybenz..	λ = 2828	2790	2762	2731	2671	2519	2100
	ε = 1400	1400	2700	3500	5200	15730	12000

Ces résultats sont, en tous points, comparables à ceux obtenus précé-

demment par l'un de nous pour toute une série de dérivés *o*, *m* et *p* du benzène.



1, acide benzoïque; 2, acide *ortho*-oxybenzoïque; 3, acide *méta*-oxybenzoïque; 4, acide *para*-oxybenzoïque.

Nous donnons sur la figure les courbes d'absorption de l'acide benzoïque (1°) et des trois dérivés *o*, *m*, *p*; la courbe de l'acide benzoïque a été tracée un peu au-dessous des trois autres.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la préparation des carbures acétyléniques vrais.* Note de M. M. Bourguel, présentée par M. Haller.

Les carbures acétyléniques vrais se prêtent à de si nombreuses synthèses que l'on regrette souvent de ne pouvoir les obtenir facilement. Leur préparation est en effet malaisée dès que l'on veut les obtenir en quantités un peu importantes.

On emploie en général l'action de la potasse ou de la soude sur les dérivés halogénés des carbures saturés ou éthyléniques. Que l'on emploie la potasse alcoolique ou en morceaux, l'opération est souvent longue et pénible; les rendements sont mauvais : d'abord parce que sous l'action de la chauffe prolongée le carbure acétylénique se polymérise et surtout parce que, dès qu'un carbure substitué est possible, on obtient le mélange des deux isomères. Il arrive même qu'il y ait peu ou pas du tout (cas du phénylpropine) de carbure vrai. Dans tous les cas la séparation au moyen du dérivé cuivreux en perd beaucoup.

La soude isomérise dans le sens du carbure substitué; le sodium en sens inverse. L'amidure de sodium est proche parent du sodium puisqu'il donne des dérivés sodés avec les acétyléniques (*Picon Bl.*, 29, 1921, p. 709). On pouvait espérer que s'il attaquait les dérivés halogénés, il n'aurait pas l'influence néfaste de la soude.

J'ai essayé l'action de l'amidure de sodium sur différents bromures : L'expérience a montré qu'il enlevait régulièrement et facilement l'acide bromhydrique avec dégagement d'ammoniaque suivant l'équation

$$NH^2Na + HBr = NH^3 + NaBr,$$

par exemple

$$C^3H^7-CBr=CH^2 + NH^2Na = C^3H^7-C\equiv CH + NH^3 + NaBr,$$

et qu'il peut donner le carbure avec de bons rendements.

Dans tous les cas étudiés, le mode opératoire a été le même : on fait tomber, par une ampoule à brome, le bromure dans un ballon muni d'un réfrigérant ascendant et contenant l'amidure de sodium bien pulvérisé en suspension dans le benzène, le toluène ou le xylène. On recueille l'ammoniaque pour dosage. La réaction part seule à froid dès qu'une certaine quantité de bromure est tombée, elle s'emballe même dans le cas des dibromures, aussi vaut-il mieux chauffer le ballon dès le début vers 100 degrés; la réaction est plus régulière. On augmente progressivement la température

jusqu'à ébullition du solvant. Le dégagement d'ammoniaque montre qu'au bout d'une heure la majeure partie du bromure est transformée et qu'au bout de 2 heures et demie la réaction est terminée.

Tantôt le dégagement d'ammoniaque correspond, avec un petit déficit, au nombre d'atomes de brome : 2^{mol} pour un dibromure par exemple, et alors le liquide du ballon contient l'acétylénique à l'état libre. Tantôt, au contraire, le dégagement d'ammoniaque est supérieur : il s'est fait le dérivé sodé, le liquide du ballon ne précipite plus le chlorure cuivreux ammoniacal : fait qui correspond aux observations de M. Picon.

Il est nécessaire que l'amidure soit très bien pulvérisé, sinon l'attaque n'ayant lieu que par la surface des grains, la réaction devient très lente, l'acétylénique formé se polymérise, le rendement diminue.

La soude que contient toujours l'amidure est gênante, du moins si ce dernier n'est pas très bien pulvérisé ; quoiqu'elle agisse bien plus lentement (ainsi que j'ai pu le vérifier), comme elle est à la surface des grains, son action devient prépondérante : il apparaît de l'eau suivant la formule

$$NaOH + HBr = NaBr + H^2O.$$

L'eau attaque les grains et, si l'action continue, c'est par l'intermédiaire de la soude; ce qu'il s'agissait d'éviter. J'ai pu vérifier qu'avec un excès d'amidure (2 à 3 fois la quantité théorique) très bien pulvérisé, l'influence de la soude était nulle.

J'ai préparé ainsi :

L'éther-méthyl-propargylique $CH^3 - O - CH^2 - C \equiv CH$ à partir du dibromure $CH^3 - O - CH^2 - CHBr - CH^2Br$. 550^g ont donné 101^g de carbure pur bouillant à 63°, soit un rendement de 61 pour 100.

L'amidure employé n'était pas assez fin : avec un échantillon mieux préparé, le rendement s'est élevé à 81 pour 100 dans le cas de l'éther éthyl-propargylique $C^2H^5 - O - CH^2C \equiv CH$ à partir du dibromure correspondant, il en a été obtenu 155^g passant à 79°,5-80°.

Dans ces deux cas, au bout de 2 heures et demie, la réaction est terminée ; il suffit de distiller directement le contenu du ballon avec une bonne colonne pour avoir le produit très pur.

Le phénylacétylène a été obtenu à partir du dibromo de styrolène avec un rendement qui oscillait autour de 70 pour 100 d'un produit qui bouillait à 140°,5-141°. C'est exactement le point d'ébullition du phénylacétylène régénéré de sa combinaison cuprique. Par la potasse on obtient 40 à 50 pour 100 d'un produit qui passe de 143° à 145° (Desgrez); de 141° à 146° (Moureu).

Il se fait ici le dérivé sodé. En effet, quand la réaction est terminée, le liquide du ballon ne précipite pas les réactifs des acétyléniques. Il faut détruire le produit sodé et l'amidure en excès par la glace, puis aciduler.

Comme on a l'acétylénique à l'état sodé, on peut, quand la réaction est terminée, décanter le liquide du ballon, laver plusieurs fois à l'éther anhydre; en opérant ainsi on élimine en particulier l'éthylbenzène qui reste dans le dibromostyrolène si ce dernier a été employé brut. Cette remarque m'a permis de préparer à l'état pur le pentine normal $C^3H^7-C\equiv CH$ et le phénylpropine $C^6H^5-CH^2-C\equiv CH$.

Au lieu de chercher à avoir un amidure exempt de sodium, j'ai, au contraire, fait agir un grand excès (environ trois fois la quantité théorique) de ce réactif sur le bromure $C^3H^7-CBr=CH^2$, bromure facile à obtenir en quantités un peu importantes. Un mélange réfrigérant énergique arrêtait la majeure partie de ce que l'ammoniaque pouvait emmener.

La réaction terminée, il n'y a pas d'acétylénique libre dans le ballon; on distille directement, on recueille quelques gouttes avant 135° (xylène); il s'est donc fait très peu de l'isomère $C^2H^5-C\equiv C-CH^3$ (E=55-56°). En tout cas il est éliminé. On détruit par la glace, on acidule et on a le pentine vrai avec un rendement de 38 pour 100 passant de 39°,6 à 40°. C'est bien le point d'ébullition trouvé par M. Picon et par M. Lespieau.

Pour le phénylpropine j'ai agi de la même façon sur le bromure $C^6H^5-CH^2-CBr=CH^2$. Ici le dégagement d'ammoniaque montre que l'amidure contribue à la formation du dérivé sodé. Après la réaction on décante le liquide, on lave par décantation à l'éther anhydre. Ces liquides distillés ne donnent que peu ou pas l'isomère $C^6H^5-C\equiv C-CH^3$ que M. Lespieau a trouvé passant à 76° sous 16^{mm}.

On obtient avec un rendement de 35 pour 100 un produit passant de 69°,5 à 70° sous 18^{mm} et de 59°,5 à 60° sous 9^{mm}; c'est bien le carbure découvert par M. Lespieau, qui a indiqué 71° sous 20^{mm}. Il est à remarquer que par la potasse on obtient uniquement le carbure substitué.

L'intérêt de l'emploi de l'amidure de sodium à la place de la soude ou de la potasse est, on le voit, de fournir peu ou pas d'isomérisation et de polymérisation, de donner de bons rendements, et surtout de donner l'acétylénique vrai pur, grâce à la formation automatique du dérivé sodé. Enfin le mode opératoire est commode, la réaction est courte.

Je compte étudier l'action de l'amidure sur des chlorures dérivés des cétones et des aldéhydes.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Dinitrile β oxyglutarique* $CN.CH^2.CHOH.CH^2.CN$. Note de M. **Lespieau**, présentée par M. A. Haller.

Plusieurs tentatives ont été faites en vue d'obtenir le dinitrile de l'acide β oxyglutarique. La première fut celle de Simpson, qui fit agir le cyanure de potassium sur la dichlorhydrine symétrique de la glycérine. Mais, s'il se fit le nitrile attendu, Simpson ne réussit pas à l'isoler [1]. Il admit néanmoins sa formation parce qu'après avoir attaqué le produit brut de la réaction par la potasse il parvint, assez péniblement d'ailleurs, à en tirer un sel d'argent qui répondit à la formule $C^5H^6O^5Ag^2$. Mais ce qui ôte pas mal de poids à cet argument, c'est que le sel en question donne par l'acide sulfhydrique un acide dont les analyses ne s'accordent pas avec la formule $C^5H^8O^5$, et qui fond à 135°, alors que l'acide β oxyglutarique fond à 95°.

Otto Morgensen et Ernst Zerner reprirent la réaction de Simpson, mais en présence d'alcool. Après filtration et concentration du produit obtenu ils se trouvèrent en présence d'un magma solide noir, amorphe, très hygroscopique, qu'ils n'analysèrent point, mais qualifièrent arbitrairement du nom de nitrile, admettant cependant qu'ils pouvaient avoir affaire à un produit de polymérisation du corps attendu [2]. Ce magma ne distilla pas, même sous pression réduite.

On en put tirer cependant un sel de cuivre offrant le même pourcentage de métal que le glutaconate de cuivre. Ceci parut confirmer une suggestion émise par von Pechmann et K. Jenisch; Simpson aurait obtenu non l'acide β oxyglutarique, mais son produit de déshydratation, l'acide glutaconique qui fond vers 134°. Cette hypothèse est en contradiction avec les analyses de Simpson, et de plus elle exigerait que le départ d'eau ait lieu lors du traitement du sel d'argent par l'hydrogène sulfuré, ce qui est peu vraisemblable.

Reprenant moi-même la réaction en question j'ai pu arriver à un acide fondant à 133°, et dont l'analyse s'accorde bien avec la formule de l'acide glutaconique, mais on n'en obtient que très peu, et il se fait en même temps beaucoup d'autres choses.

Jusqu'ici il n'a donc pas été possible d'arriver au nitrile β oxyglutarique par la voie qu'a indiquée Simpson. J'ai pensé que l'on serait peut-être plus

(1) *Lieb. Ann.*, t. 133, p. 78.
(2) *Monatsh.*, t. 31, p. 777.

heureux si l'on scindait l'opération en deux : on ferait d'abord le nitrile $CH^2Cl.CHOH.CH^2.CN$, que l'on attaquerait ensuite par le cyanure de potassium. J'ai indiqué précédemment ([1]) comment on pouvait obtenir ce nitrile, restait à effectuer la seconde partie de l'opération.

A cet effet, dans le nitrile chloré porté au préalable à 60°, on fait tomber par petites portions une solution saturée à 40° de cyanure de potassium dans l'eau. A chaque addition la température du nitrile baisse un peu, mais elle remonte d'elle-même; on s'arrange de façon qu'elle ne dépasse pas 70° en plongeant momentanément, quand il y a lieu, dans de l'eau froide, le ballon où se trouvent les matières réagissantes. L'addition de cyanure terminée on abandonne le tout pendant une nuit, puis on filtre pour éliminer le chlorure de potassium qui s'est précipité. On concentre alors à 100° sous 10^{mm} pour faire partir l'eau et, comme une nouvelle précipitation de sel a eu lieu après ce départ, on filtre à nouveau. Cette fois le filtrat ne renferme plus sensiblement de potassium, on le soumet à la distillation sous 11^{mm} en chauffant au bain d'huile. On recueille d'abord du nitrile chloré inattaqué (jusque vers 140°), puis la température monte très rapidement à 202° et s'y maintient tant qu'il passe quelque chose. Il reste dans le ballon un résidu abondant, noir, brillant, très difficile à brûler renfermant de l'azote, du carbone, mais pas de potassium.

Le liquide passant de 202° à 203° sous 11^{mm} est constitué par le nitrile cherché,

$$CN.CH^2.CHOH.CH^2.CN$$

coloré en jaune clair par une trace d'impureté. C'est un corps visqueux ayant à 22° pour densité 1,808 et pour indice 1,4805 (raie D); ces nombres impliquent une réfraction moléculaire égale à 26,48, le nombre théorique étant 26,44. L'étude cryoscopique de ce corps en solution acétique a donné des poids moléculaires croissant avec la concentration, 117 pour un abaissement de 0°,53 et 123 pour 1°,08; on déduit de là 110 pour une solution indéfiniment étendue, et c'est le nombre théorique. En analysant ce dinitrile on y a trouvé pour 100 : C 54,59; H 5,44; N 25,76, au lieu de 54,54; 5,45; 25,45.

En saturant ce nitrile d'acide bromhydrique gazeux on obtient une masse cristalline, qui, après séjour sur une assiette poreuse, fond à 230°. Si à la solution de ce dernier corps dans l'eau on ajoute du carbonate de potassium on voit se dégager du gaz carbonique et se précipiter des cristaux. On

([1]) *Comptes rendus*, t. 127, 1898, p. 965.

purifie ceux-ci en les redissolvant dans l'eau bouillante; par refroidissement ils se déposent sous forme de longues aiguilles brillantes, cassantes, fondant à 87°-88°. Elles sont constituées par le dinitrile-β-bromoglutarique

$$CN.CH^2.CHBr.CH^2.CN.$$

Une cryoscopie acétique indique en effet, pour un abaissement de 0°,43, un poids moléculaire égal à 173, ce qui est le nombre voulu, et l'analyse décèle pour 100 : C 34,61; H 2,97; Br 46,44, la théorie voulant 34,68; 2,89; 46,24. Par dissolution de ce corps dans l'acide bromhydrique, puis évaporation au bain-marie, on retrouve les cristaux fondant à 230°. Le dosage de brome dans ceux-ci apprend qu'ils sont formés par un monobromhydrate $CN.CH^2.CHBr.CH^2.CN.HBr$, car on y trouve 62,16 pour 100 de brome.

GÉOLOGIE. — *Sur la circulation souterraine en terrains fissurés.* Note de M. **P. Diénert.**

Dans nos précédentes Notes (¹) nous avons montré quelques particularités de la circulation souterraine en terrains calcaires dans la région de la Vanne.

La région calcaire de l'Avre se présente un peu différemment de celle de la Vanne. Les sources de Verneuil et de la Vigne viennent affleurer à la base de vallées plus ou moins parallèles, dirigées dans le sens du pendage des couches. Il était à prévoir, et c'est ce que les expériences faites avec la fluorescéine ont vérifié, que la circulation souterraine se fait à peu près parallèlement à ces vallées. Ainsi les eaux engouffrées dans la vallée d'Avre viennent ressortir aux sources de Verneuil, celles absorbées dans la vallée du Buternay débouchent dans les sources de Blavon, enfin les eaux perdues dans la vallée de Monvilliers viennent réapparaître aux sources de Rivière et de Launay, toutes émergences situées à la base des vallées qui les alimentent.

Que l'on s'adresse aux régions des terrains jurassiques (sources de Châtillon-sur-Seine, source de Reigny, dans la vallée de la Cure, etc.) ou des terrains tertiaires (source de la Dhuys), on retrouve toujours cette particularité qu'il existe une circulation souterraine dans chaque vallée dirigée suivant le pendage des couches géologiques.

(¹) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 125 et 454.

Ceci semble très général et il serait intéressant de le vérifier dans de nombreuses autres régions.

Nous avons signalé dans la région de la Vanne des captures d'eau souterraine d'une vallée par une autre vallée. Il en existe également dans la région de l'Avre régies par le drainage exercé par les émergences affleurant aux cotes d'altitude les plus basses. C'est ainsi que les sources de la Vigne drainent une partie des eaux de la vallée de l'Avre, qui échappent ainsi aux sources de Verneuil parce qu'elles affleurent à 1^m au moins au-dessous de ces dernières.

Quand dans une région il ne peut y avoir de vallées dirigées suivant le pendage, aucun indice extérieur, sauf la position des grandes sources, n'indique le sens de la circulation souterraine. Prenons, comme exemple, la région de la rive gauche de l'Yonne, au-dessous de Cravant, dans laquelle des expériences à la fluorescéine ont été faites tant par M. Le Couppey que par nous-même. Elle est constituée par les calcaires du Séquanien et du Rauracien entrecoupés de quelques failles dirigées sensiblement du Sud au Nord. La circulation souterraine peut se résumer ainsi qu'il suit :

Quand, à la base de plusieurs vallées convergentes, se trouvent des émergences importantes, celles-ci drainent les eaux de ces vallées, comme par exemple les sources de Druyes-les-Belles-Fontaines. Toutefois la partie amont de la vallée de Champeaux n'alimente pas ces sources. Elle est capturée par les sources de Crisenne, situées dans une direction perpendiculaire à la vallée, à 15^{km} de là, dans la vallée de l'Yonne.

Si, à la base des grandes vallées, on ne rencontre que des sources de débit très inférieur à celui que ferait espérer l'étendue du vallonnement (vallées de Courson, de Misery), les eaux souterraines ne suivent pas les vallées. Elles se dirigent dans un sens perpendiculaire au pendage des couches géologiques vers les sources les plus importantes.

Comme on le voit, ce sont les sources et très probablement les failles qui régissent la circulation souterraine. Les expériences à la fluorescéine montrent encore que les sources, non situées au débouché d'une vallée, se trouvent généralement placées à l'aval de la vallée dont elles drainent les eaux (source de Noë dans la région de Vanne, source de Cailly dans la vallée de l'Eure, sources d'Escolives et d'Auzey dans la vallée de l'Yonne).

Nous avons essayé de synthétiser aussi exactement que possible les résultats d'un grand nombre d'expériences faites avec la fluorescéine. Si, à la suite de ce travail, on peut arriver à connaître approximativement certains

endroits où circulent des eaux souterraines, il y a une donnée qu'il n'est pas très facile de déterminer, c'est la profondeur, même approchée, de circulation de ces eaux.

Nous avons signalé qu'aux environs des émergences, la distance séparant les diaclases superficielles des diaclases les plus profondes était de 10^m à 12^m. Des différences semblables doivent egalement exister sous les vallées.

GÉOLOGIE. — *Sur la Tectonique du pays des Mogods, du plateau des Hédil et du Bejaoua septentrional (Tunisie septentrionale).* Note [1] de M. **Solignac**, transmise par M. Ch. Depéret.

1° Le pays des Mogods, caractérisé par un massif marnogréseux méso et néonummulitique, est compris entre la mer au Nord, et au Sud la limite méridionale de l'extension des grès numidiens [chaîne des Djebels Choucha (515); Seliline, Ez Zeboudj (398); Ouled el Ma, Nechat el Maza, Nefat, Guermach (490); Kef en Nsour (523); Saïdani (344); Zoukar (287)]. Il est composé de chaînons très plissés dessinant des arcs concentriques à concavité tournée vers la mer et dont la direction passe du NE-SW au NNE-SSW, enfin au N-S au voisinage du littoral. Une longue cassure, au nord de la chaîne terminale précitée, suit la courbure générale et laisse apparaître le culot phonolitique du Guelb Saad Moun et le pointement de trachyte (andéside à biotite) du Djebel Haddada. Les grès numidiens, transgressifs, se sont étendus primitivement jusqu'aux environs de Bizerte (Bab el Merdj et djbel Seba).

2° Une seconde région naturelle s'étend au sud de la précédente jusqu'à la vallée de l'oued Bou Dissa-oued Djoumine; elle se prolonge jusqu'à Bizerte où M. Termier a signalé, en 1908, les anomalies tectoniques qu'elle présente. Elle englobe le plateau des Hédil et la dépression située au nord de ce plateau. Cette dépression, qu'emprunte au Sud la voie ferrée et la route des Nefzas, est constituée par une série d'écailles imbriquées dirigées comme leurs lignes de chevauchement NE-SW ou NNE-SSW et déversées vers le S, le SSE et le SE. Une première écaille, uniquement triasique (marnes bariolées, cargneules et ophites), émerge, entre Sidi Ahmed bou Ali et Aïn el Hammam, des marnes à Dentales et à gros

(1) Séance du 5 mars 1923.

rognons calcaires mésonummulitiques; elle repose sur une seconde écaille qui s'étend le long de la vallée de l'oued Malah, tributaire de la Garaet Achkel et comprend le Djebel Azzag.

Le terme supérieur de cette écaille est un paquet réduit de grès néonummulitiques (Djebel Sboua) subordonné au Trias de la première écaille; mais le contact entre les deux écailles se fait surtout entre le Trias de la première et les marnes suessoniennes où les calcaires à Polypiers néonummulitiques réduits à des klippes de la seconde (Sidi Ahmed ben Ali, Djebel Msala); le terme inférieur est le Sénonien (marnes et marno-calcaires à Inocérames, calcaires blancs à *Inoceramus regularis*) du Djebel Azzag; cet étage dessine un pli-faille au nord-ouest du Djebel Chaouaf, où, dans la partie méridionale, les calcaires chevauchent les marnes suessoniennes disposées primitivement en synclinal, et le chevauchement est marqué par une mylonite de 5^{m} à 6^{m} de puissance. La troisième écaille comprend ces marnes suessoniennes, les calcaires éocènes du Djebel Chaouaf et de Sidi Fatallah et au-dessous les calcaires maestrichtiens de Jefna et du Djebel Jebira et les marnes sénoniennes inférieures.

Cette écaille repose, par une mylonite puissante (Djebel Demnet Jebara, sur un énorme paquet de Trias, qui se prolonge jusqu'à l'Henchir Djalta, et elle se relie à la chaîne (Djebels Fedj el Bab Es Serdj, Kef Maksour, El Ajered) des marnes sénoniennes et des calcaires à *Stegaster altus* Seunes, qui borde, au Nord, le plateau triasique des Hedil sur lequel elle se déverse en un double pli couché. Un certain nombre de klippes de calcaires sénoniens et éonummulitiques (Djebels el Touila, el Mazoul, Kef Rerda, ed Damous, etc.) qui recouvrent le Trias du plateau attestent l'existence ancienne d'un prolongement de ces terrains vers le Sud; c'est sans doute la continuation vers le nord-est de ces klippes qui donnent les écailles du Djebel Gheriffa et de Djalta : là, une coupe figurée dans un récent ouvrage [1] de M. L. Berthon, chef du Service des mines de Tunisie, montre le laminage intense des calcaires éocènes de l'écaille de Djalta sous l'influence de la poussée du Trias prolongeant celui du plateau des Hédil.

Sur ce plateau, le Trias dessine une sorte de dôme surbaissé dont le rayon de courbure dépasse 2000^{m}; le centre est occupé par des marnes bariolées tandis que les bords sud et nord sont formés de calcaires cariés, de dolomies et d'ophites (Dj. el Faïdjel, Lazreg el Krab, Dehar el Behim, mine de Bazina). La largeur maxima de cet affleurement dépasse 5^{km} sur

(1) L. BERTHON, *L'industrie minérale en Tunisie* (Tunis, 1922, p. 56).

une longueur maximum de 17^{km}. Sur la bordure sud du plateau triasique, on voit une série de pointements sénoniens très disloqués (demi-dôme faillé du Tabouna, Dj. Mimoun, Grand Bazina) qui peuvent se relier au double pli couché du Nord, en considérant la surface de chevauchement de ce pli sur le Trias comme une surface d'étirement.

Le plateau triasique se prolonge au Sud par une vaste cuvette synclinale formant aussi plateau et appartenant à l'Éocène inférieur (marnes et calcaires); sa bordure nord est chevauchée par le Trias, comme on le constate dans la galerie de roulage de la mine de Bazina. Au sud du Djebel Mamoun on remarque, posé sur les calcaires éocènes, un petit lambeau horizontal de conglomérats et de calcaire travertineux renfermant, d'après la détermination de M. Paul Pallary, *Helix fossulata* Pom. var. *major* Plry, du Pliocène inférieur algérien.

Le Trias apparaît encore au sud-est du plateau, sur la rive droite de l'oued El Begrat, le long du double anticlinal sénonien dirigé NNE-SSW des Djebels Bou Touil, Tiour el Lil, Anntra. A l'Henchir Semmène, il est surmonté de marnes suessoniennes et d'un lambeau de conglomérats à ciment de galène et *Helix fossulata* Pom. var. *major*. L'ensemble plonge sous les calcaires sénoniens du Bou Touil ainsi qu'on l'observe dans les parois du grand travers bancs de la mine du Semmène.

La partie du plateau des Hédil, entre le parallèle de Mateur et la vallée de l'oued Joumine, est un anticlinal sénonien, plissé en éventail (Djebels ez Zaroutine, El Hefira, Saf Saf) et chevauché au Nord par le Trias du Dj. Demnet Jebara. Cet anticlinal semble être le prolongement orographique vers l'Est, du bombement triasique du plateau des Hedil. Au Sud, il se résout en une série d'écailles éocènes-sénoniennes avec toujours du Trias à la base, que l'on observe tout le long de la vallée du Joumine. Au Sud-Est la bordure du plateau sénonien écrase le synclinal aigu burdigalien d'El Arima (argiles, grès et sables dans lesquels M. Ch. Depéret a reconnu *Pecten praescabriusculus* et *P. crestensis* Font).

Le pays décrit semble donc avoir un soubassement triasique; celui-ci en continuité avec l'affleurement que M. P. Termier a vu, au nord de Béja, reposer sur des couches aptiennes; il est donc vraisemblable d'admettre l'existence, dans le pays des Hédil et de Bizerte, d'au moins une *nappe charriée* triasique.

3° Le Béjaoua septentrional, suite du pays des Hédil, comprend une série de rides anticlinales et synclinales de marnes suessoniennes, de calcaires éonummulitiques un peu phosphatés à *Nummulites planulatus*, de

marnes jaunes mésonummulitiques, à direction NNE-SSW à NE-SW. En plusieurs points la tectonique se complique de phénomènes de chevauchement : éonummulitique chevauchant le Burdigalien à *Pecten Crestensis* de Sidi el Alidj, le Burdigalien de l'oued Guermoul, le Burdigalien de l'oued Badjar.

MÉTÉOROLOGIE. — *L'absorption atmosphérique au mont Blanc.* Note de MM. **E. Bauer** et **A. Danjon**, présentée par M. Hadamard.

Nous nous sommes proposé, pendant un séjour à l'Observatoire Vallot (4347^{m}), d'étudier l'absorption atmosphérique par la variation d'éclat du Soleil avec sa distance zénithale.

Il est essentiel d'observer à haute altitude. On peut ainsi pousser les mesures jusqu'à l'horizon, où les rayons lumineux traversent une masse d'air considérable, mais pure et privée de poussières. Au mont Blanc, les observations sont régulières depuis le zénith (masse traversée : $0^{atm},6$) jusqu'à la bande brumeuse qui borde l'horizon (40^{atm}).

Nous avons exécuté deux séries de mesures, l'une le 20 août après-midi, l'autre dans la matinée du 25, celle-ci moins complète, le Soleil se levant derrière la chaîne des Alpes. Nous utilisions un photomètre universel de Fabry et Buisson, muni d'une lampe électrique étalon. Le transport des accumulateurs et d'un ampèremètre de précision s'est effectué sans difficulté. Les plages photométriques étaient observées à travers les filtres colorés, constitués par des combinaisons de gélatines Wratten, isolant des portions très étroites du spectre, vers $0^{\mu},63$, $0^{\mu},53$ et $0^{\mu},40$. On notait l'heure de chaque observation; le chronomètre comparé aux signaux horaires a conservé la même marche diurne, à une seconde près, avant, pendant et après l'ascension. Le calcul des réfractions et des masses d'air sera publié ultérieurement par l'un de nous.

Pour la discussion de nos résultats, nous avons construit une courbe où sont portés, en abscisses la masse d'air traversée, en ordonnées le logarithme de la quantité de lumière transmise. Si l'atmosphère se comportait comme un milieu absorbant homogène, cette courbe serait une droite dont la pente fournirait le pouvoir absorbant ($\log a$) de l'air, rapporté à *une* atmosphère normale. En réalité, la courbe ressemble à un arc d'hyperbole. A partir du zénith, le logarithme de la transmission diminue rapidement avec la masse, puis de moins en moins vite. La courbe tend vers une asymp-

tote, avec laquelle elle se confond pratiquement à partir de 10^{atm}, à 87° du zénith. C'est seulement au delà que le phénomène prend l'aspect simple prévu.

Étudions d'abord cette portion rectiligne de la courbe. Le Tableau suivant donne les valeurs de $\log a$ qu'on en déduit, ainsi que le produit

$$\lambda^4 \log a (n-1)^{-2}$$

qui, dans la théorie de Rayleigh, est une constante :

λ.	$-\log_{10} a$.	$\frac{\lambda^4 \log a}{(n-1)^2}$.
μ		
0,629	0,0352	$6{,}35 . 10^{-12}$
0,527	0,0595	5,33
0,482	0,0762	4,84

La décroissance des nombres de la troisième colonne n'infirme pas la loi de Rayleigh, elle est due à l'absorption sélective, qui s'ajoute à la diffusion moléculaire dans le vert et surtout dans le rouge. Nos résultats, sur ce point, sont conformes à ceux de Fowle. Ils s'accordent également avec les faits observés autrefois par l'un de nous sur le bleu du ciel ([1]). Si l'on admet que l'absorption sélective est négligeable dans le bleu, nos résultats donnent, sans aucune correction, la valeur $54 . 10^{22}$ pour la constante d'Avogadro. Cabannes ([2]) a montré qu'il faut augmenter le nombre brut d'environ 8 pour 100. Nous trouvons alors

$$N = 59 . 10^{22}.$$

Ce résultat montre le parti qu'on peut tirer de l'observation du Soleil couchant à haute altitude. Il faudrait reprendre les mesures par une méthode photographique, pour utiliser la portion du spectre où l'absorption sélective est négligeable.

Quant à la courbure observée pour les petites masses d'air, nous nous sommes assurés qu'elle n'était pas due à une trop grande largeur spectrale de nos écrans. Nous l'avons observée le matin comme le soir, pour les trois ongueurs d'onde utilisées. Il nous semble difficile de mettre en doute sa lréalité. Tout se passe comme si les ordonnées de la courbe étaient la somme de deux termes, l'un, dû à la diffusion moléculaire et à l'absorption sélective, et qui est représenté par une droite en fonction de la masse;

([1]) BAUER et MOULIN, *Le bleu du ciel...* (*Comptes rendus*, t. 151, 1910, p. 864).

([2]) CABANNES, *Sur la diffusion de la lumière, etc.* (*Thèse*, Paris, 1921).

l'autre, d'abord croissant, puis tendant vers une limite pratiquement atteinte vers 87°.

Voici une interprétation possible de ce second terme : Admettons l'existence d'une couche absorbante, relativement mince, située à l'altitude z.

Soient r le rayon de la Terre et ζ la distance zénithale.

La densité optique de la couche varie comme $\left(\cos^2\zeta + 2\frac{z}{r}\sin^2\zeta\right)^{-\frac{1}{2}}$. La variation de ce facteur représente bien nos mesures, et nous sommes conduits à prendre $z = 150^{\text{km}}$. On a déjà proposé une hypothèse de ce genre, pour expliquer les résultats de Müller, mais les observations photométriques de cet auteur étaient faites en lumière blanche, ce qui complique le phénomène. Plus intéressante est la confirmation apportée par les mesures de la radiation solaire faites par Abbot (1), à des altitudes diverses, atteignant 22^{km}. Ces mesures, non corrigées de l'absorption verticale, donnent, par extrapolation jusqu'à la pression zéro, la valeur $1^{\text{cal}},85$ pour la constante solaire, alors que le nombre admis est 1,93. La différence rend vraisemblable l'existence d'une couche absorbante au delà de 22^{km}.

Dans le domaine spectral que nous avons exploré, la transmission de cette couche varie de 0,90 au zénith à 0,60 à l'horizon. Nous n'avons pas trouvé de changement appréciable avec la longueur d'onde : il s'agit donc probablement de grosses particules, comme celles que produit l'ultraviolet extrême dans les gaz même raréfiés (2).

Pour des observations faites à des altitudes plus basses, l'absorption par une telle couche aurait une importance relative moins grande, et la courbe obtenue se rapprocherait de la forme rectiligne.

A titre de contrôle, nous avons comparé notre photomètre au corps noir à diverses températures. L'extrapolation des isochromatiques au moyen de la formule de Planck nous a donné la température effective du Soleil pour chacune des trois longueurs d'onde :

λ.	$0^{\mu},629$.	$0^{\mu},527$.	$0^{\mu},482$.
Température effective absolue............	5970°	6020°	5980°

(1) *Annals of the Astroph. Obs. Washington*, t. 4, p. 365.

(2) LENARD et RAMSAUER, Cf. *Le Radium*, t. 8, 1911, p. 115.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Une nouvelle force industrielle : l'utilisation des calories fournies par les sources thermales.* Note (¹) de M. **Jean Dybowski**, présentée par M. Louis Mangin.

Au nombre des problèmes économiques actuels, la récupération des forces perdues se place parmi ceux qui présentent le plus réel intérêt; de ce fait, tout ce qui se rattache à l'utilisation des sources de chaleur mérite de retenir l'attention en raison du prix élevé des combustibles.

De tout temps l'utilisation des calories fournies par la thermalité des eaux provenant des sources chaudes s'est présentée à l'esprit comme pouvant offrir un intérêt réel; on y a vu, non sans raison, une réserve d'énergie dont une utilisation rationnelle pourrait fournir de sérieux avantages.

Mais les calories disponibles sont comprises dans des limites peu élevées et ne trouvent, de ce fait, que des applications qui ont paru limitées aux usages domestiques. Partout, peut-on dire, où des émergences de sources chaudes existent, on les a employées pour l'usage balnéaire. Ce n'est là qu'une utilisation restreinte et même relative puisque une grande quantité d'eau encore chaude s'écoule en pure perte. Sur certains points, une utilisation plus complète est celle qui consiste à les faire servir au chauffage des habitations. Ce ne sont là que de rares exceptions, les agglomérations d'habitations ne se trouvant pas nécessairement près des émergences.

Il semble que le principal emploi industriel qui puisse être réservé à l'utilisation de ces calories basses soit celui de les faire servir au chauffage de locaux vitrés où puisse être établie la culture des produits de primeur, locaux qui constituent l'installation des forceries.

On sait l'importance très grande qu'a pris en Belgique, en Hollande et en Angleterre cette industrie du forçage des fruits, des légumes et des fleurs. La raison en est dans leur proximité des mines de charbon nécessaire à la production de chaleur.

La France n'occupe dans cette industrie qu'un rang secondaire. Il lui revient une place bien plus importante eu égard à son climat infiniment plus favorisé. Il lui manquait pour arriver à ce résultat des éléments économiques de chauffage. Ses sources thermales peuvent les lui fournir et constituent un important élément de succès.

(¹) Séance du 5 mars 1923.

Des essais ont été antérieurement tentés dans ce sens. Ils n'ont pas été couronnés de succès jusqu'au moment où les conditions précises d'emploi n'ont pas été nettement déterminées. Ce sont ces conditions qu'il importe d'indiquer, car il est permis d'affirmer à l'heure actuelle, après une expérience industrielle conduite avec toute la précision scientifique nécessaire, que les résultats qu'on peut obtenir de l'emploi des eaux thermales dépassent les prévisions les plus optimistes.

Ces indications auront l'avantage, en précisant la méthode, de servir de base à toute industrie similaire et de conduire à l'utilisation d'une force importante jusqu'à présent perdue sans profit pour personne.

Nous nous baserons pour préciser les conditions générales de cette utilisation sur l'organisation faite à Préchacq (Landes). Des émergences constatées sur ce point ont permis d'opérer des forages qui ont fait jaillir des sources donnant des eaux ayant 63°. Ces eaux, conduites sur un terrain de culture de 10 hectares situé à $2^{km},300$ du point d'émergence par une canalisation à dispositif spécial réduisant les pertes en calories à un taux extrêmement réduit, ont permis de chauffer des serres de forçage couvrant chacune un quart d'hectare. Les cultures qui y sont installées ont pour base la production des fruits et des légumes.

Ces installations définitivement démonstratives permettent de préciser les conditions dans lesquelles l'utilisation des eaux thermales comme moyen de chauffage de serres est industriellement possible. Ces conditions sont les suivantes :

1° La thermalité de l'eau doit être suffisante. Il ne semble pas qu'au-dessous de 60° une utilisation pratique puisse être recommandée. Ces eaux doivent être neutres, ne donnant aucun dégagement gazeux et ne formant aucun dépôt dans les tuyaux de chauffage.

2° Le débit de la source doit être suffisant. La surface à chauffer sera fonction de ce débit. S'il est insuffisant, les pertes en calories seront élevées. Le chauffage obtenu sera lié à la vitesse du courant, c'est-à-dire du débit.

3° Le climat du lieu d'utilisation jouera un rôle important. S'il est froid, les pertes en calories pourront être trop grandes pour que l'utilisation puisse conduire à des résultats pratiques.

4° Les terres à mettre en culture doivent être peu éloignées du point d'émergence. Des dispositions spéciales telles que l'emploi de tuyaux en bois permettent d'étendre le rayon d'action. Des calculs précis pour chaque cas permettront de déterminer les conditions d'installation.

5° Le lieu utilisé doit être situé de façon à permettre l'évacuation des

produits vers les centres de consommation dans des conditions pratiques.

Lorsque toutes ces conditions sont réunies, les résultats obtenus peuvent présenter un très réel intérêt.

Il est aisé de déterminer les avantages qui peuvent être retirés de semblables installations dans un cas déterminé.

Si l'on prend pour exemple une source fournissant 50^{ms} à l'heure d'une eau à 62°, on peut établir sa valeur en transformant ses éléments utiles en équivalence de charbon. Mais de même qu'on ne peut compter que le rendement du charbon utilisé dans le chauffage des serres ne rend en calories utiles qu'une partie des calories totales, il convient d'admettre que le transport de l'eau à distance doit faire subir une perte dont il importe de tenir compte. Cette perte peut être estimée à environ 1°,5 à 2° par kilomètre de tuyaux employés pour l'amenée de l'eau à pied d'œuvre. Il conviendra par conséquent de déduire du rendement cette quantité qui sera variable suivant les cas.

Le débit à l'heure de 50^{ms} à 62°, s'abaissant après utilisation à 25°, donne donc utilement :

$$62° - 25° = 37°,$$

soit à l'heure $50000 \times 37 = 1\,850\,000^{cal}$.

Or, on admet que 1^{kg} de charbon dégage en brûlant, dans le chauffage des serres, 1750 calories utiles. Les 1 850 000 calories disponibles à l'heure équivalent donc à

$$\frac{1\,850\,000}{1750} = 1057^{kg} \text{ de charbon à l'heure,}$$

soit $1057 \times 24 = 25368^{kg}$ de charbon par jour.

De ce chiffre, il faut déduire les pertes. Dans une organisation bien établie et bien conduite, elles ne doivent pas excéder 10 pour 100.

Ces données indiquent l'intérêt qui s'attache à l'utilisation rationnelle des calories provenant des sources thermales.

BOTANIQUE. — *Sur le nombre des cotylédons de la Ficaire.* Note (¹) de M. P. **Bugnon**, présentée par M. Guignard.

La Ficaire (*Ficaria ranunculoides* Roth) a été considérée tantôt comme dépourvue de cotylédons, tantôt comme munie d'un cotylédon seulement,

(¹) Séance du 5 mars 1923.

tantôt enfin comme pourvue de deux cotylédons, concrescents par un de leurs bords sur toute la longueur des pétioles et sur une bonne partie de la longueur des limbes. Cette dernière interprétation, émise par Sterckx (¹), fut admise par Ethel Sargant (²), qui l'utilisa pour étayer sa théorie sur l'origine des Monocotylédones. Il importe donc d'en vérifier la valeur.

I. L'embryon, dans la graine mûre de la Ficaire, est de structure homogène. La première racine et les premières feuilles ne s'ébauchent qu'au cours de la germination. Van Tieghem (³) refusa finalement le nom de cotylédon à la première pièce foliaire qui se développe ainsi parce qu'elle ne jouerait aucun rôle dans la digestion et l'absorption de l'albumen.

Mais, elle commence à se différencier bien avant la disparition totale de l'albumen, et rien ne prouve qu'elle ne participe pas à sa digestion. L'argumentation de Van Tieghem semble donc insuffisante pour justifier son opinion.

II. Parmi les auteurs qui ont considéré cette première pièce foliaire comme un cotylédon, certains ont admis que le deuxième cotylédon avait disparu par atrophie. Darwin (⁴) a même donné une raison biologique de cette suppression : il a vu, dans la formation précoce d'un tubercule sur les flancs de l'hypocotyle, « une bonne confirmation du principe de compensation ou de balancement de la croissance » et il a rappelé à ce propos la phrase de Gœthe : « afin de pouvoir dépenser d'un côté, la nature est forcée d'économiser de l'autre » (*loc. cit.*, p. 95).

Mais, aucune trace de ce cotylédon supposé atrophié n'a jamais été observée à aucun stade du développement; il s'agit donc là d'une hypothèse purement gratuite.

III. L'argument de Sterckx réside dans ce fait que le limbe de la première pièce foliaire est bilobé au sommet et que la nervation de chacune de ses moitiés paraît comparable à celle d'un limbe simple.

Sterckx a donné aussi une raison biologique de cette disposition : « Dans les plantules où cette concrescence a lieu, on remarque que l'hypocotyle est court et tubérisé : ce sont les pétioles cotylédonaires qui doivent s'allonger pour porter les limbes dans l'air. Dans ces conditions, ces pétioles semblent s'unir pour traverser le sol plus facilement, se soutenir et supporter les limbes » (*loc. cit.*, p. 81).

Sargant a trouvé un argument supplémentaire dans la position occupée par la deuxième pièce foliaire, représentant pour elle la troisième feuille de la plante. Elle montre qu'en acceptant l'hypothèse contraire de l'atrophie d'un cotylédon, la troisième feuille ne pourrait être située au-dessus du cotylédon atrophié, en face du cotylédon développé. Cette position s'explique, au contraire, en admettant la fusion des deux cotylédons en un membre unique, latéral en apparence (⁵).

(¹) R. Sterckx, *Recherches anatomiques sur l'embryon et les plantules dans la famille des Renonculacées* (*Mém. Soc. roy. Sc.* Liège, 3ᵉ série, t. 2, 1900).

(²) Ethel Sargant, *Ann. of Bot.*, t. 17, 1903, p. 1.

(³) Van Tieghem, *Traité de Botanique*, 2ᵉ édition, 1891, p. 949.

(⁴) Darwin, *La faculté motrice dans les plantes* (Trad. franç. par Ed. Heckel. Paris, 1882).

(⁵) Ethel Sargant, *Ann. of Bot.*, t. 22, 1908, p. 158.

Le même auteur a vu enfin, dans cette disposition du membre cotylédonaire double, un avantage biologique pour la plante : les feuilles suivantes ne seront pas dans la nécessité de faire éclater un tube cotylédonaire pour se déployer, comme chez le *Delphinium nudicaule*, etc., où les pétioles cotylédonaires sont unis par leurs deux bords de façon à enfermer la gemmule dans une chambre entièrement close ([1]).

A l'argument d'ordre phyllotaxique mis en avant par Sargant, on peut opposer, depuis que A.-W. Hill ([2]) a démontré qu'un des cotylédons se développait en une feuille végétative pareille aux suivantes chez certains Dicotylédones, l'hypothèse que, chez la Ficaire, la première feuille végétative ordinaire n'est autre que le deuxième cotylédon. Sterckx (*loc. cit.*, p. 45) a fait observer, en effet, que les connexions anatomiques de cette première feuille avec la racine sont les mêmes que celles d'un cotylédon chez le *Nigella damascena.* Par sa position phyllotaxique, par ses connexions anatomiques, la première feuille végétative de la Ficaire se comporte donc comme l'un des cotylédons des espèces voisines dicotylées.

Quant à la pièce cotylédonaire, il résulte des observations concordantes de tous ceux qui en ont étudié l'ontogénie, la morphologie ou l'anatomie (Hegelmaier, 1874; Sterckx, 1900; Schmid, 1902; Sargant, 1903; E.-N. Thomas, 1914, etc.) : 1° que son ébauche primordiale est simple à son origine; 2° que son faisceau médian est simple dès son apparition procambiale; 3° que son ébauche et son faisceau médian deviennent secondairement bifurqués au sommet; 4° que l'organisation anatomique de son faisceau libéroligneux médian, dans le pétiole, ne révèle aucune trace de fusion; 5° que les rapports anatomiques des faisceaux cotylédonaires avec la stèle radicale binaire sont exactement comparables à ceux de l'un des deux cotylédons chez le *Nigella damascena.*

Pour faire ressortir la valeur de l'argument qu'il a tiré de la forme et de la nervation du limbe cotylédonaire, Sterckx a comparé (*loc. cit.*, p. 45) ce limbe bilobé à d'autres limbes cotylédonaires bilobés et de nature évidemment simple, comme ceux du Radis. Dans ce cas, l'échancrure terminale du limbe est due, ainsi que l'a montré Lubbock ([3]), à la disposition spéciale des cotylédons dans la graine (p. 43). Mais le même auteur a signalé d'autres cas, comme celui de l'*Eschscholtzia californica*, dans lesquels la bilobation prononcée du lymbe cotylédonaire est indépendante d'une telle cause. J'ai fourni moi-même ([4]) une interprétation générale de ces derniers cas : il s'agirait d'un mode de ramification ancestral, le mode dichotome, que les premières feuilles de la plante présenteraient par atavisme, d'une façon habituelle ou anormale suivant les espèces.

Sterckx aurait certainement trouvé sa comparaison moins convaincante s'il avait remarqué les cotylédons anormalement dichotomes du Radis, tels que ceux que j'ai figurés (*loc. cit.*), et si son attention avait été attirée sur la fréquence relative de la dichotomie dans les cotylédons. L'étude des variations de cette dicho-

---

(1) ETHEL SARGANT, *loc. cit.*, 1903, p. 64.

(2) A.-W. HILL, *Ann. of Bot.*, t. 20, 1906, p. 395.

(3) Sir JOHN LUBBOCK, *A contribution to our knowledge of seedlings*, London, t. 1, 1892).

(4) P. BUGNON, *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1194.

tomie dans les cotylédons de la Mercuriale (*Mercurialis annua* L.) ([1]) m'a permis d'observer des cas où la bifurcation terminale de la nervure médiane, localisée d'habitude vers le milieu du limbe, était reportée à sa base, ou plus bas encore, où le limbe était lui-même plus ou moins profondément bilobé, et où sa nervation se montrait comparable à celle du limbe cotylédonaire de la Ficaire (fig. 2 à 9, pl. III).

Ainsi, des cotylédons indiscutablement simples, mais à dichotomie plus ou moins accentuée, comme ceux de la Mercuriale, peuvent présenter tous les caractères qui ont amené Sterckx et Sargant à regarder le cotylédon de la Ficaire comme une pièce double. Les figures que ces auteurs en ont donné ([2]) ([3]) mettent suffisamment en évidence qu'il s'agit là aussi d'une ramification dichotome dans un organe simple. A.-W. Hill (*loc. cit.*, p. 423, note 4) avait déjà brièvement suggéré la possibilité d'une telle interprétation.

En résumé, la Ficaire possède deux organes foliaires ayant les mêmes connexions anatomiques avec la racine que les deux cotylédons des espèces dicotylées de la même famille. Aucun argument valable d'ordre ontogénique, morphologique ou anatomique n'a pu être donné en faveur : 1° de la suppression d'un des cotylédons par atrophie; 2° de la concrescence latérale des deux cotylédons. L'hypothèse actuellement la plus plausible est donc que la Ficaire est hétérocotylée : l'un des cotylédons se développe avant l'autre et présente un limbe dichotome (caractère ancestral); le deuxième prend l'aspect d'une feuille végétative ressemblant aux suivantes et si, à cause de cela, on lui refuse le nom de cotylédon, il en résulte que la Ficaire doit être considérée comme monocotylédone par hétérocotylie.

CYTOLOGIE. — *Sur la nature de la sécrétion des stérinoplastes du Lis blanc.* Note de M. **Marcel Mirande**, présentée par M. Guignard.

Dans une Note récente ([4]), j'ai montré que les organites, auxquels j'ai donné le nom de *stérinoplastes* et que l'on observe dans les cellules épidermiques des bulbes du Lis blanc, ont une enveloppe constituée par une mince couche externe entièrement albuminoïde et une couche interne, plus épaisse, de nature à la fois albuminoïde et lipoïde. Pour justifier le nom que

---

([1]) P. Bugnon, *L'organisation libéroligneuse des cotylédons et de l'hypocotyle expliquée par la théorie du raccord, chez la Mercuriale* (*Mercurialis annua* L.) (*Bull. Soc. Linn. Norm.*, 7e série, t. 5, 1923, p. 69-106 et pl. III).

([2]) R. Sterckx, *loc. cit.*, pl. XIII, XIV et XV.

([3]) Ethel Sargant, *loc. cit.*, 1903, pl. VII.

([4]) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 596.

j'ai donné à ces organites, il reste à démontrer que leur corps central, soluble dans les solvants ordinaires des matières lipoïdes, contient une cholestérine végétale ou *phytostérine*.

Examinons d'abord des stérinoplastes isolés sur frottis. On peut leur appliquer la plupart des réactions colorées de la cholestérine. Mais pour la démonstration qui nous intéresse, il faut rejeter celles qui ne donnent leur effet qu'après dissolution des stérinoplastes ou qui la donnent en dissolvant si rapidement ces organites qu'il est difficile de discerner la part qu'ils y prennent. On pourrait objecter, en effet, que la réaction peut être donnée, non par les organites eux-mêmes, mais par le suc cellulaire extrait, par le frottis, en même temps qu'eux. La réaction de Heintz (acide sulfurique), qui donne avec la cholestérine une coloration rouge sang, mieux encore celle de Liebermann (acide sulfurique et anhydride acétique) à coloration rouge carmin, en ayant soin de ne pas employer un excès de réactif, donnent un très bon résultat.

Le frottis est rapidement recouvert d'une lamelle à laquelle est fixée, en goutte suspendue, une petite goutte d'acide sulfurique et d'anhydride acétique. Les stérinoplastes se colorent en rouge carmin; puis, de tous ces organites comme centre, en même temps qu'ils se dissolvent, la coloration diffuse peu à peu dans le liquide général. Dans les points de la préparation où des stérinoplastes, atteints par une quantité minime de réactif, n'y sont pas baignés, mais simplement imprégnés, on voit ces organites, colorés en beau rouge, séjourner assez longtemps avant de se dissoudre. Si l'on opère sur des stérinoplastes colorés au préalable par le bleu de crésyl, on voit ces organites, sous l'action du réactif, se colorer avec rapidité de la périphérie au centre, offrant, pendant quelques instants, une très belle double coloration rouge et bleue.

On peut appliquer les réactions de la cholestérine aux cellules épidermiques mêmes des écailles bulbaires. Mais, dans ce cas, la réaction colorée s'opère en masse au sein de la cellule, sans que l'on puisse voir les stérinoplastes y prendre part : les épidermes sont déposés à sec sur la lame, mais les cellules sont hydratées en elles-mêmes; au moment de leur pénétration dans la cellule, les réactifs, se mélangeant avec l'eau cellulaire, ne sont plus assez concentrés pour produire la réaction, mais suffisamment pour dissoudre les stérinoplastes avec grande rapidité; un instant après, la concentration étant redevenue suffisante, la réaction générale se produit.

On peut opérer sur des épidermes vivants, ou bien sur des épidermes portés au préalable à l'ébullition ou détachés d'écailles bouillies; on sait que dans ce dernier cas les stérinoplastes sont transformés en amas denses de fins cristaux. Par l'acide sulfurique concentré (réaction de Heintz), le protoplasme tout entier se colore en rouge sang ou pourpre, puis la coloration diffuse dans tout le liquide.

Si, à l'acide sulfurique, on ajoute un peu d'anhydride acétique (réaction de Liebermann), on obtient une coloration rouge carmin; en outre, de nombreuses gouttelettes d'anhydride tenant la phytostérine en dissolution et colorées en beau rouge se répandent dans toute la préparation. En traitant par le chloroforme et l'acide sulfurique (réaction de Hesse), coloration rouge et gouttelettes de chloroforme colorées en rouge carmin. De l'acide trichloracétique fondu et une goutte d'acide chlorhydrique (réaction de Hirschsohn) donnent, à une douce chaleur, une coloration rose.

Des épidermes ayant séjourné pendant peu de temps dans l'alcool, le chloroforme,

l'acide acétique, ne donnent plus les réactions ci-dessus. Par contre, ce sont les résidus laissés par ces solvants, évaporés sur lame ou verre de montre, qui les donnent. Dans ces résidus la phytostérine est cristallisée. Le résidu alcoolique est en fins cristaux en forme de baguette, semblables à ceux des stérinoplastes chauffés; on peut parfois voir quelques cristaux lamellaires comparables à ceux de la cholestérine animale. Le résidu chloroformique se présente souvent sous forme de gouttelettes jaunâtres au sein desquelles se trouvent une grande quantité de fins cristaux aiguillés.

Enfin, sans entrer dans les détails opératoires, ajoutons qu'il est facile d'isoler la *liliostérine*, cristallisée en aiguilles on en baguettes, en partant d'une macération alcoolique, soit d'écailles fraîches traitées entières, ou encore mieux d'épidermes d'écailles bouillies; dans ce cas les épidermes se détachent avec la plus grande facilité et l'on sait que les stérinoplastes y sont à l'état cristallisé. La liliostérine donne les réactions ordinaires de la cholestérine : réactions de Hesse, de Burchard, de Liebermann, de Salkowski, de Hirschsohn; la réaction de Tschugajef est particulièrement belle et sensible avec sa coloration rouge accompagnée d'une fluorescence semblable à celle de l'éosine.

Le corps central des stérinoplastes est donc une dissolution lipoïde de phytostérine; l'abondance des cristaux qui se déposent dans un plaste chauffé montre que cette dissolution est très concentrée. La substance soluble dans l'eau chaude, et qui, à l'état normal, tient cette stérine en dissolution, est peut-être, comme dans la bile, quelque dérivé de l'acide cholalique. L'eau chaude, entraînant le solvant de la liliostérine, celle-ci se dépose à l'état cristallisé dans le plaste. J'ai montré que les stérinoplastes, à un moment de leur vie, expulsent des *calculs* de structure radiée; c'est évidemment par suite de la diminution ou du manque, dans l'organite, à un moment donné, du solvant de la stérine; ce phénomène est comparable à celui des calculs animaux.

On sait que les cholestérines végétales sont très répandues. On en a isolé d'organes et de produits les plus divers; toutes ces phytostérines sont des substances extraites et étudiées purement au point de vue chimique. Pour la première fois, dans le Lis blanc, nous voyons un organite élaborateur de stérine et finissant par la déposer, parfois, dans la cellule, à l'état figuré. On est autorisé à penser que ce cas ne doit pas être isolé, et ces observations sur le Lis blanc ouvrent le champ à des recherches cytologiques nouvelles sur la question des phytostérines, dont la grande fréquence est indicatrice d'un rôle physiologique important.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Carpoxénie et mutations gemmaires chez les* Citrus *cultivés.* Note de M. **Trabut**, présentée par M. Guignard.

C'est une notion bien acquise, en horticulture, que les mutations de bourgeons sont l'origine de nombreuses variétés adoptées par la culture. Mais, chez les *Citrus* cultivés, ces mutations gemmaires prennent une importance telle que, faute de les observer attentivement, on risque de perdre les meilleurs types avantageux à cultiver.

C'est par une mutation gemmaire qu'est apparue l'excellente *Orange de Bahia* qui, importée aux Etats-Unis en 1870, est devenue l'*Orange Washington Navel*, largement cultivée en Californie.

Comme chez beaucoup de *Citrus*, il s'était développé, à Bahia, sur un oranger du Portugal (*Naranja Selecta*), un rameau portant des fruits sans graines et présentant un apex ouvert avec une petite orange faisant hernie, simulant un nombril, d'où le nom de *Naranja de Ombligo*, que les Américains ont traduit par Orange Navel.

Cette orange de Bahia multipliée par la greffe seulement, depuis une cinquantaine d'années, a déjà, en Californie, donné naissance à des variétés très caractérisées : comme *Thomson Navel*, *Golden Nugget*, *Golden Buckeye*, *Navalencia*, etc. En Australie, l'Orange de Bahia est devenue la *Navel d'Australie* inférieure au type primitif.

Mais depuis quelques années, en Californie, on remarque que ces mutations sont de plus en plus fréquentes et deviennent une cause de dégénérescence grave du type primitif, car on les a inconsciemment multipliées par la greffe dans de nombreuses orangeries.

A la station botanique de Maison carrée, où nous avons une importante collection de *Citrus*, j'ai depuis quelques années noté la présence, sur un même sujet, de fruits d'aspect différent, surtout dans le groupe des Navel. Les Orangers dérivés de l'Oranger de Bahia ou Navel ont des étamines sans pollen, les fleurs sont donc incapables de se féconder et les fruits ne produisent pas de graines.

Cependant, de temps à autre, on rencontre dans ces oranges une ou deux graines bien conformées. Mais, ce qui m'a le plus frappé, c'est le développement sur l'écorce de ces fruits d'un ou deux fuseaux d'apparence très différente. Ainsi, sur un sujet de *Golden Backeye*, dont l'écorce est jaune orange très clair, on observe souvent des secteurs rouge orange foncé. Une année, cet arbre a produit un fruit avec un secteur jaune citron et à surface très verruqueuse. Comme cet Oranger est dans le voisinage d'un *Citrus Zemboa*, sorte de Cédrat à écorce très verruqueuse, j'ai pensé que le seg-

ment verruqueux de l'Orange Navel pouvait provenir d'une xénie provoquée par le pollen du *Zemboa*.

Gallesio avait déjà provoqué cette anomalie; on lit dans son Traité des *Citrus* : « J'ai fécondé des fleurs d'Oranger avec du pollen de Limonier, et j'en ai obtenu un fruit dont l'écorce était coupée, de la pointe à la queue, par un fuseau jaune et relevé, ayant les caractères du Limonier. » Ce fruit ne contenait pas de graines bien conformées.

Si les caractères anormaux de ces fruits sont à classer dans les carpoxénies, on arrive à penser que les rameaux qui portent ces fruits ont pu subir aussi l'influence de la pollinisation étrangère; avec la carpoxénie il faudrait admettre, dans certains cas, une cladoxénie. Un rameau qui a porté des fruits affectés par un pollen étranger peut-il être lui-même affecté de manière à produire ultérieurement des bourgeons modifiés?

Telle est la question que soulèvent les nombreuses variations par bourgeons des *Citrus* cultivés.

Le cas de la *Bizzarria*, *Citrus* produisant des fruits moitié limon, moitié bigarade, des bigarades et des limons sur la même branche, pourrait bien n'être qu'un cas de cladoxénie chez un bigaradier pollinisé par un limonier.

Cette année, un rameau de *Washington Navel* a porté un fruit avec un secteur plus coloré, bien limité et correspondant à un des carpelles; le rameau qui porte ce fruit est aussi anormal par ses feuilles panachées. Ce rameau sera utilisé comme greffon.

Il n'est pas possible que la xénie modifie un rameau déjà formé lors de la pollinisation; mais on pourrait admettre que l'imprégnation peut atteindre les premiers bourgeons à proximité du fruit xénié; l'année suivante, ces bourgeons se développant donneraient les rameaux modifiés. Dans bien des cas, les rameaux mutés ont un aspect si différent qu'on les a comparés à des branches de Gui sur un arbre fruitier.

En dehors des variations que l'on peut attribuer à une pollinisation étrangère, il est certain que, chez les *Citrus*, comme chez beaucoup d'arbres fruitiers, il se produit des variations d'un autre ordre. Depuis longtemps j'ai signalé les inconvénients de la greffe en écusson chez nos *Citrus*, parce que les greffeurs ont une tendance à prélever les écussons sur les gourmands, car il est bien plus difficile de les prendre sur les rameaux fructifères.

De ces observations, il résulte :

1° Que les mutations par bourgeons sont très fréquentes chez les *Citrus* et spécialement chez le groupe des *Navel* à étamines stériles;

2° Que ces mutations sont parfois avantageuses et qu'il y a lieu de les fixer par la greffe;

3° Que très souvent ces mutations donnent des fruits bizarres et sans valeur et qu'il est important d'éviter de les multiplier dans les cultures;

4° Que la pollinisation étrangère produisant la carpoxénie peut probablement déterminer aussi la cladoxénie, qui serait l'origine d'une partie des variations par bourgeons.

ENTOMOLOGIE AGRICOLE. — *Un plan de lutte contre le Doryphore de la Pomme de terre*. Note de M. **J. Feytaud**, présentée par M. Marchal.

Pour anéantir les foyers de Doryphore, devenus nombreux et dispersés sur une vaste surface par suite des mesures insuffisantes de 1922, les organismes chargés de la lutte disposent d'une série de moyens, au nombre desquels se distinguent quatre procédés essentiels. Ces procédés, que j'ai mis au point l'année dernière avec la collaboration de MM. Monteil et Dieuzeide pour leur faire produire le maximum d'efficacité, sont : le ramassage, la pulvérisation, la destruction du feuillage et la désinfection du sol ([1]). Les premier et deuxième sont associés dans les traitements ordinaires; les premier, troisième et quatrième sont combinés en série dans les traitements d'extinction proprement dits.

Le succès de la lutte dépend de la bonne mise en œuvre de ces moyens. Or deux conditions sont indispensables pour empêcher la diffusion du mal : connaître les foyers de très bonne heure et les traiter immédiatement.

La première condition sera assurée par une inspection rigoureuse, faite non seulement par le propriétaire, dont la bonne volonté n'est pas toujours parfaite, mais surtout par les autorités locales responsables : équipe communale, par exemple, sous le contrôle du directeur des services agricoles et de ses professeurs d'agriculture. C'est encore l'équipe communale qui assurera la deuxième condition, en l'absence des syndicats de défense.

A la fin de 1922, le Doryphore n'avait été officiellement reconnu qu'en Gironde. Il occupait peu ou prou une vaste zone déclarée contaminée et comprenant : l'arrondissement de Lesparre en entier, une partie de celui de Bordeaux (cantons de Castelnau, Blancfort, Bordeaux, Pessac, Carbon-Blanc, Audenge, La Teste, Arcachon, Belin et La Brède), une partie de

([1]) Pour les détails concernant ces procédés, voir *C. R. Académie d'Agriculture de France*, 12 juillet 1922, 24 janvier, 7 et 14 mars 1923.

celui de Bazas (communes de Sauternes et d'Hosteins). Il existait, en outre, deux autres zones contaminées beaucoup plus petites : l'une dans le Bazadais, l'autre autour de Libourne et Coutras.

Rien ne permet d'affirmer que la carte d'apparition du Doryphore au printemps 1923 se superposera au dessin des zones antérieurement fixées. Il est au contraire probable que celles-ci seront épargnées dans certaines de leurs parties, par suite du succès local des mesures prises, tandis que des territoires réputés indemnes seront touchés à leur tour.

Aussi pour arrêter un nouveau plan général de défense, avons-nous jugé bon de distinguer :

1° *La région à surveiller*, comprenant l'ensemble des zones contaminées et de protection fixées par le Ministère, ou mieux, pour assurer de façon plus sûre le début de la campagne 1923, le département de la Gironde en entier avec les portions contiguës des départements circonvoisins :

2° *Les foyers actifs* avec les *aires suspectes* qu'ils déterminent et dont le rayon croît proportionnellement à la gravité de la menace.

Pour prendre une base précise, on peut convenir des règles suivantes :

Le rayon de l'aire suspecte est fixé à 300^{m} si le foyer ne présente que des adultes, 1^{km} s'il présente des œufs, larves et nymphes, 3^{km} s'il demeure actif 15 jours, 10^{km} s'il le demeure 1 mois.

Un foyer n'est déclaré éteint et l'aire correspondante ne cesse d'être suspecte que 15 jours après la disparition complète des insectes.

Tous les champs de pommes de terre de la région à surveiller sont soumis : d'une part à la déclaration obligatoire, d'autre part à l'inspection renouvelée toutes les deux semaines au moins.

Les champs compris dans une aire suspecte sont l'objet d'une inspection faite deux fois par semaine, qui s'étend aussi aux plantations de tomates et d'aubergines, et de pulvérisations préventives répétées toutes les deux semaines.

Quant aux foyers en activité, ils sont soumis à la visite quotidienne, au ramassage jusqu'à l'épuisement, aux pulvérisations renouvelées de semaine en semaine, au traitement d'extinction s'ils présentent de grosses larves ou des nymphes (foyer accroché au sol ou sur le point de le devenir) : traitement d'extinction localisé si l'invasion est sporadique, radical et complet si elle est générale ou si elle dure depuis plus de 4 semaines [1].

Les règles de la défense ainsi comprise sont résumées dans le tableau ci-après, concernant un des cas les plus complexes, celui d'un foyer supposé

---

[1] J'entends par traitement d'extinction localisé celui qu'on effectue par îlots, dans un rayon de 5^{m}, par exemple autour de chaque pied envahi, tandis que le traitement d'extinction radical intéresse toute la surface du champ.

SEMAINES.	JOURS.	ÉTAT DU FOYER.	MESURES A PRÉVOIR: DANS LE CHAMP ENVAHI.	DANS LES AUTRES CHAMPS COMPRIS DANS UN RAYON DE: 0^m à 300^m.	300^m à 1^{km}.	1^{km} à 3^{km}.	3^{km} à 10^{km}.
		Insectes ailés	**Foyer déclaré actif.**	**Aire suspecte.**	**Régime de la région à surveiller.**		
	1er		*Ramassage.* 1re pulvérisation.	1re pulv. prévent.			
1re		+ Œufs	*Inspection quotidienne et ramassage.*	*Inspection bihebdomadaire*	**Aire suspecte.**	*Inspection de quinzaine.*	
	8e		2e pulvérisation.		1re pulv. prévent.		
2e		+ Larves	*Inspection quotidienne et ramassage.*	*Inspection bihebdomadaire.*		**Aire suspecte.**	
	15e		3e pulvérisation.	2e pulv. prévent.		1re pulv. prévent.	
3e		+ Grosses larves, nymphes	*Inspection quotidienne et ramassage.*	*Inspection bihebdomadaire.*			*Inspection de quinzaine.*
			TRAITEMENT D'EXTINCTION LOCALISÉ.				
	22e		4e pulvérisation.		2e pulv. prévent.		
4e		Persistance	*Inspection quotidienne et ramassage.*	*Inspection bihebdomadaire.*			
			TRAITEMENT D'EXTINCTION LOCALISÉ.				
	29e		5e pulvérisation.	3e pulv. prévent.		2e pulv. prévent.	**Aire suspecte.**
6e		Persistance	TRAITEMENT D'EXTINCTION RADICAL.	*Inspection bihebdomadaire.*			
			Inspection quotidienne.		3e pulv. prévent.		1re pulv. prévent.
7e		Disparition	*Inspection bihebdomadaire.*	*Inspection bihebdomadaire.*			
8e et suiv.		Disparition	**Foyer déclaré éteint.**	**Retour au régime de la région à surveiller.**			
			Inspection de quinzaine.	*Inspection de quinzaine*			

très rebelle, avec tout d'abord uniquement des adultes, puis des œufs, des larves (1re et 2e semaines), des nymphes par places (3e semaine), foyer qui persiste un mois par suite de l'insuffisance des premiers moyens opposés et qui ne cède qu'au traitement d'extinction radical.

Les cas intermédiaires et plus simples y sont implicitement compris : L'application rapide, énergique et raisonnée des mesures prévues aura raison de tous les foyers normaux dans un délai beaucoup plus court, et l'on brûlera les premières étapes si l'insecte y figure de prime abord sous toutes les formes.

CHIMIE AGRICOLE. — *Recherches sur l'assimilabilité des engrais phosphatés.* Note de MM. **A. Demolon** et **P. Boischot**, présentée par M. Lindet.

Parmi les acides faibles proposés pour la détermination de l'assimilabilité des éléments fertilisants du sol, CO^2 est *a priori* celui qui possède le plus de valeur en raison de son caractère naturel. C'est pourquoi nous nous sommes adressés à ce réactif pour comparer les divers engrais phosphatés livrés à l'agriculture. En raison de la discontinuité du sol et de l'obstacle à la circulation des gaz résultant de la capillarité, il n'est pas invraisemblable de considérer que les solutions au contact immédiat des racines peuvent être sensiblement saturées de CO^2. Cette considération légitime l'emploi de CO^2 en solution saturée quand il s'agit de déterminer la vitesse d'attaque des divers engrais phosphatés. A cet égard, il faut tenir compte non seulement de la forme initiale de l'engrais, mais encore des transformations possibles dépendant de la nature du sol et du temps de contact. Tels sont les facteurs dont nous nous proposons de fixer le rôle pratique.

Technique expérimentale. — Nous avons employé CO^2 en solution aqueuse maintenue saturée et adopté une quantité de matière correspondant dans tous les cas à 110^{mg} de P^2O^5, avec même degré de finesse des échantillons : tamis : 120; volume d'eau : 200^{cm^3}; temps de contact : une heure, se décomposant comme suit : deux quarts d'heure de barbotage régulier de CO^2 dans la solution, suivis chacun d'un quart d'heure d'agitation dans un appareil rotatif (un tour à la seconde). Dans une autre série, addition supplémentaire de 760^{mg} de CO^3Ca précipité, facilement soluble dans l'eau chargée de CO^2.

D'autre part, nous avons incorporé les mêmes engrais à une terre de limon naturellement décalcifiée (Ph = 7,1; humidité = 15 pour 100) à

raison de 110^{mg} P^2O^5 pour 10^g de terre. Une série parallèle d'expériences a comporté l'addition de CO^3Ca précipité, de manière que la terre puisse être considérée comme en étant suffisamment pourvue (7,50 pour 100). Plusieurs extractions consécutives ont été effectuées après des temps de contact variables. Les résultats sont exprimés en pour 100 de P^2O^5 mis en expérience.

Résultats analytiques.

Solubilité comparée des divers engrais phosphatés dans l'eau saturée de CO^2.

	110^{mg} P^2O^5, 200$^{cm^3}$ H^2O.				110^{mg} P^2O^5, 760^{mg} CO^3Ca, 200$^{cm^3}$ H^2O.			
	1re extr.	2e extr.	3e extr.	Total.	1re extr.	2e extr.	3e extr.	Total.
Scories Thomas	13,00	9,10	6,95	29,05	9,9	8,69	4,05	22,64
Phosphate précipité	47,60	28,50	13,90	90,00	26,30	22,90	18,60	67,80
Superphosphate minéral	91,00	2,90	traces	93,90	90,00	3,70	0,20	93,90
Os dégélatinés	12,90	11,60	8,20	32,70	traces	traces	traces	»
Craie phosphatée de Faucouzy décarbonatée.	3,70	1,40	1,30	6,40	traces	traces	traces	»
Phosphate de Gafsa décarbonaté	4,00	2,10	2,05	8,15	traces	traces	traces	»
Phosphate tricalcique synthétique	28,50	17,40	13,30	59,20	traces	traces	traces	»

Solubilité des mêmes engrais en présence de terre de limon (influence de CO^3Ca).

		Après 8 jours.			Après 1 mois.			Après 2 mois.
		1re extr.	2e extr.	3e extr.	1re extr.	2e extr.	3e extr.	Total.
Scories Thomas	sans CO^3Ca	12,90	10,20	9,50	12,20	8,80	7,80	35,30
	avec CO^3Ca	10,30	8,50	3,60	7,50	6,20	4,60	18,80
Phosphate précipité	sans CO^3Ca	42,40	29,00	19,20	43,00	26,40	13,10	80,70
	avec CO^3Ca	24,70	23,30	19,10	24,10	22,90	20,10	60,70
Superphosphate minéral	sans CO^3Ca	42,60	17,60	7,20	35,40	8,50	5,10	47,40
	avec CO^3Ca	43,60	14,00	7,00	42,50	13,80	5,35	61,50
Os dégélatinés	sans CO^3Ca	12,30	9,60	4,20	12,60	7,40	6,10	27,50
	avec CO^3Ca	traces	traces	traces	traces	traces	traces	traces

Interprétation des résultats. — 1° M. Th. Schlœsing a montré que CO^3Ca annihile la solubilité du phosphate tricalcique dans l'acide carbonique quand le bicarbonate de chaux correspond à la tension de CO^2. Nous retrouvons ce phénomène à la fois pour le phosphate tricalcique synthétique, les deux phosphates naturels expérimentés et le phosphate d'os dégélatinés. Toutefois les choses se passent d'une manière très différente pour les autres engrais. L'action dépressive de CO^3Ca se manifeste encore dans une certaine mesure pour les scories et les phosphates précipités, mais elle est sen-

siblement nulle pour le superphosphate. Nous avons vérifié d'ailleurs directement que le superphosphate laissé pendant 8 jours au contact d'une solution saturée de bicarbonate de chaux n'accuse au bout de ce temps aucune perte appréciable de sa solubilité carbonique. Le superphosphate représente donc l'engrais phosphaté par excellence des sels calcaires.

2° Par contre, le superphosphate est le produit qui subit dans le sol par rétrogradation les modifications les plus importantes. Des essais directs nous ont montré que la perte de solubilité carbonique doit être essentiellement attribuée aux sels de fer et non à ceux d'alumine. Le Tableau ci-dessus montre que CO^3Ca exerce à cet égard une action protectrice en diminuant la perte de solubilité dans la deuxième phase de la rétrogradation, c'est-à-dire dans celle qui suit le phénomène brusque du début.

Le phosphate précipité en l'absence de CO^3Ca se montre égal au superphosphate au point de vue de sa vitesse de dissolution. Il ne subit dans le sol aucune modification entraînant une perte appréciable de sa solubilité totale. Il en est de même des scories et des divers phosphates tricalciques.

3° Au point de vue de la vitesse d'attaque dans le sol, les superphosphates et les phosphates précipités se placent en tête. Le phosphate d'os dégélatinés équivaut aux scories en l'absence de CO^3Ca. En dernier lieu viennent les phosphates naturels avec équivalence du Gafsa et des phosphate de l'Aisne. Ces phosphates naturels, même à un état de grande ténuité sont beaucoup plus difficilement attaqués par CO^2 que le phosphate tricalcique synthétique. Enfin, il est important de noter qu'en terre calcaire la solubilité carbonique des divers phosphates tricalciques est extrêmement faible.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la réversibilité de l'action fermentaire de la d-mannosidase α*. Note de M. **H. Hérissey**, présentée par M. L. Guignard.

En utilisant la *d*-mannosidase α, enzyme contenu dans la graine de luzerne germée, on peut, suivant la composition du milieu dans lequel s'opère la réaction fermentaire, obtenir soit le dédoublement, soit la synthèse du méthyl-*d*-mannoside α [1]. Comme le montrent les essais qui vont être rapportés, hydrolyse et synthèse sont bien le fait d'un même ferment, dont l'action, en présence d'alcool méthylique et de mannose ou de méthyl-

[1] *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 766 et 1536; t. 173, 1921, p. 1406.

d-mannoside, détermine un état d'équilibre, d'ailleurs évidemment variable suivant la proportion respective de ces trois principes.

J'ai étudié cet équilibre dans des milieux aqueux renfermant sensiblement, pour 100^{cm^3}, 10^g d'alcool méthylique et 1^g de méthyl-*d*-mannoside α ou une proportion de mannose *d* correspondante.

On a préparé les mélanges suivants :

1. — *Hydrolyse.*

Méthyl-*d*-mannoside α	$1^g,0007$
Alcool méthylique à $99^c,5$	10^g
Eau distillée q. s. p.	100^{cm^3}
Poudre de luzerne germée et séchée	4^g
Toluène	1^{cm^3}

2. — *Synthèse.*

Mannose *d*	$0^g,9280$ (¹)
Alcool méthylique à $99^c,5$	10^g
Eau distillée q. s. p.	100^{cm^3}
Poudre de luzerne	4^g
Toluène	1^{cm^3}

3. — *Témoin.*

Alcool méthylique à $99^c,5$	10^g
Eau distillée q. s. p.	100^{cm^3}
Poudre de luzerne	4^g
Toluène	1^g

Ces mélanges, qu'on agitait de temps à autre, ont été abandonnés à la température du laboratoire, pendant six mois, de mai en novembre; la durée de l'expérience a été ainsi prolongée de façon que l'état d'équilibre cherché soit sûrement atteint; on s'était assuré d'ailleurs que, depuis plus d'un mois avant la fin de l'essai, il ne se produisait plus aucune variation dans la rotation polarimétrique et dans le pouvoir réducteur des liqueurs correspondant aux divers mélanges. En accord avec mes recherches antérieures, on avait observé, dans le mélange 1 contenant à l'origine du méthylmannoside ($[\alpha]_D = +79°,2$), une diminution graduelle de la rotation droite primitive et une augmentation concomitante du pouvoir réducteur; les phé-

(¹) La quantité de mannose correspondant à $1^g,0007$ de méthylmannoside serait théoriquement de $0^g,9284$; à 1^g de mannoside correspond, en effet, $0^g,9278$ de mannose.

nomènes apparaissaient exactement inverses pour le mélange 2 contenant du mannose ($[\alpha]_D = +14°,2$).

Les déterminations finales des rotations polarimétriques et des pouvoirs réducteurs des liqueurs en expérience, pratiquées après défécation de celles-ci par l'extrait de Saturne (1^{cm^3} pour 20^{cm^3}), ont conduit aux résultats suivants, rapportés au volume primitif des liqueurs :

	1.	2.	3 (témoin).
Rotation ($l = 2$)..........	$+1°24'$	$+1°24'$	$+31',5$
Sucre réducteur, exprimé en mannose, pour 100^{cm^3}.....	$1^g,0657$	$1^g,0710$	$0^g,5754$

Les résultats obtenus avec les mélanges 1 et 2 sont remarquablement concordants; la différence entre les quantités de sucre réducteur ne porte en effet que sur quelques milligrammes; elle est de l'ordre des erreurs d'expérience. Dans les deux cas, l'action fermentaire s'exerçant soit dans le sens de l'hydrolyse, soit dans celui de la synthèse, a abouti au même état d'équilibre; il s'agit bien d'une réaction réversible.

Il s'était fait dans le mélange 1 une quantité de sucre réducteur égale à $1,0657 - 0,5754$ (sucre apporté par le ferment) $= 0^g,4903$, correspondant à l'hydrolyse de

$$\frac{0,4903}{0,9278 \text{ (quantité de mannose correspondant à } 1^g \text{ de méthylmannoside)}} = 0^g,5284$$

de méthylmannoside. D'autre part, il était disparu, dans le mélange 2, une quantité de mannose égale à

$$0,9280 \text{ (mannose initial)} + 0,5754 - 1,0710 = 0^g,4324,$$

correspondant à la formation de

$$\frac{0,4324}{0,9278} = 0^g,4660$$

de méthylmannoside; la rotation observée est en accord avec la théorie; en effet, la glucosidification de $0^g,4324$ de mannose doit aboutir à une augmentation de la rotation initiale de

$$\frac{0,4324}{0,702} = 0°,61 = 36',6,$$

l'indice de réduction enzymolytique du méthyl-*d*-mannoside α étant, comme je l'ai précédemment indiqué, égal à 702; la rotation due à $0^g,9280$

du mannose primitif est de $+15',8$; il s'ensuit que, pour le mélange 2, la rotation finale, calculée, devrait être

$$15',8+31',5+36',6=+83',9=+1^{\circ}23',9;$$

or l'observation a donné $+1^{\circ}24'$.

Si, d'autre part, nous additionnons les valeurs trouvées en 1 et 2 pour le mannoside hydrolysé ou synthétisé et celles trouvées dans les mêmes mélanges pour le mannose mis en liberté ou glucosidifié, nous aboutirons respectivement aux valeurs

$$0,5284+0,4660=0^{g},9944 \quad \text{et} \quad 0,4903+0,4324=0^{g},9227,$$

qui représentent, d'une façon aussi approchée que possible, les quantités de mannoside ($1^{g},0007$) et de mannose ($0^{g},9280$) mises effectivement en expérience.

Il est remarquable de constater que, dans un milieu renfermant seulement 10^{g} d'alcool méthylique pour 100^{cm^3}, l'état d'équilibre auquel conduit la réaction fermentaire correspond cependant à une limite très élevée de glucosidification, puisque cette dernière atteint 46 à 47 pour 100 du mannose mis en œuvre.

ANTHROPOLOGIE PRÉHISTORIQUE. — *La Radiographie appliquée à l'étude des lésions osseuses humaines préhistoriques.* Note de M. **Marcel Baudouin**, présentée par M. Charles Richet.

Quand on a la bonne fortune de découvrir et de pouvoir fouiller, scientifiquement, c'est-à-dire avec une méthode aussi rationnelle que possible, nettement établie à l'avance dans ses grandes lignes, un *Ossuaire*, remontant à l'Age de la Pierre polie, on y recueille, surtout quand il est *vierge*, c'est-à-dire absolument intact et semblable à ce qu'il était lors de son édification, des ossements humains en très grand nombre, parmi lesquels, à l'aide d'un examen suffisamment minutieux, on trouve de multiples exemples de faits pathologiques.

Dans notre carrière d'explorateur préhistorique, à trois reprises différentes, en Seine-et-Marne (Vendrest), dans l'Oise (Vaudancourt), et en Vendée (Bazoges-en-Pareds), nous avons pu procéder de la sorte, dans les meilleures conditions possibles.

Dans cette Note nous ne mentionnerons que quelques cas, relatifs à des lésions osseuses découvertes à Bazoges-en-Pareds, parce que, pour ces pièces, nous avons pu étudier leur conformation *intérieure* et intime, à l'aide de la *Radiographie*, au lieu de ne recourir, comme d'usage jusqu'à présent, qu'à la simple photographie et à l'examen direct.

Certes, ce n'est pas la première fois qu'on applique à la Préhistoire ce procédé d'étude. Nous l'avons nous-même déjà utilisé pour des *Métatarsiens* (n° 1), malades et atteints d'ostéo-arthrite déformante, provenant de la sépulture de Vendrest. Cette manière de faire a permis de se rendre compte des modifications du tissu osseux intérieur sous l'influence de cette maladie et de découvrir des signes différentiels pour le diagnostic des diverses variétés d'ostéites préhistoriques, assez fréquentes.

D'autre part, grâce à la Radiographie, nous avons pu déterminer la nature du *corps étranger*, qui se trouvait enfoncé au milieu de la surface articulaire tibiale d'un astragale humain, de Bazoges et reconnaître qu'il s'agissait d'un débris d'un instrument en *os*, et non pas d'un fragment de *pierre* ou de *métal !*

Les radiographies auxquelles aujourd'hui nous faisons allusion sont, pour la plupart, d'un autre ordre.

Dans deux cas, il s'agit de fracture de l'extrémité inférieure du *cubitus*. Là non seulement l'épreuve montre la nature du cal extérieur visible, mais, par l'aspect des parties à ce niveau, prouve qu'il y a eu réellement une *brisure* de l'os, c'est-à-dire une solution de continuité, avec formation d'un cal intérieur, invisible, à caractères spéciaux.

Dans deux autres faits, on a affaire à des fractures de l'extrémité inférieure du *radius*, d'une nature étiologique un peu particulière, et d'un aspect macroscopique impossible à confondre avec d'autres cassures, mais qu'on peut avoir de la peine à distinguer de certaines lésions congénitales.

Ce sont des fractures classiques, dites de Dupuytren. La radiographie indique nettement leur mode de production par enfoncement de la diaphyse dans l'épiphyse, c'est-à-dire par pénétration et montre qu'autrefois, comme aujourd'hui, la théorie admise était l'expression de la vérité.

Toutes ces fractures se sont d'ailleurs parfaitement consolidées, de façon spontanée; cela en raison du phénomène de l'*os-attèle*, comme cela s'est produit aussi, grâce au tibia, pour la cassure du *péroné*, dont il y a également une radiographie.

Deux autres épreuves correspondent à de *l'ostéo-arthrite chronique* d'un

premier métatarsien et d'une phalange du pied. Elles signalent des ostéophytes et une raréfaction osseuse, parfois marquée.

Enfin les deux dernières radiographies se rapportent à des *corps étrangers*, que le traumastisme direct a fixés sur le périoste. Dans le premier de ces faits, il s'agit sans doute d'une *pointe de flèche en silex*, ayant pénétré obliquement dans la couche périostique tapissant le tibia et ayant déterminé la production d'un ostéophyte latéral, à tissu fibrillaire osseux, qui a moulé pour ainsi dire la pointe de flèche, laquelle s'est cependant perdue au cours de la fouille, mais a laissé sa place intacte et très reconnaissable.

Dans le second, qui est beaucoup plus important et intéressant, parce que là le corps étranger est toujours présent, on a affaire à un premier métatarsien du côté droit.

Cet os montre un bord interne, sur lequel se voient deux exostoses périostiques, en forme de gouttière à deux lèvres, au milieu de laquelle passait le tendon de l'extenseur du gros orteil.

A l'œil nu, on ne distinguait rien et on pouvait croire à de l'ostéo-arthrite périostique ou tendineuse, déformante! Mais la radiographie prouve qu'il s'agit de tout autre chose... Grâce à elle on constate en effet qu'il existe, encore *in situ*, sauf la lamelle *inférieure* ostéophytique, plaquée sur la face interne du métatarsien, une *pointe aiguë*, en triangle isoscèle, *très allongée*, constituée par une *lame de silex*, *très opaque*, à grand axe parallèle au corps de l'os.

Le corps étranger, long de 15^{mm}, large à sa base de 5^{mm}, est donc encore inclus et nettement visible, parfaitement délimitable. Le silex, d'ailleurs, *quand* on a su qu'il existait, a pu être vu, *à la loupe*, par un minuscule orifice de l'ostéophyte et apparaître de coloration bleuâtre par ce trou, large de moins de 1^{mm}.

Il ne s'agit pas là d'une pointe de flèche, mais d'un *éclat de taille*. Le sujet, marchant pieds nus, a dû, en appuyant dessus le bout de son pied, le faire pénétrer, par effraction cutanée, dans le périoste du métatarsien, sur lequel, plus tard, la plaie guérie, il s'est enkysté dans une production ostéophytique.

Jusqu'à présent, ce fait est unique dans la science. Il est intéressant, physiquement, car il prouve que les rayons X *peuvent révéler la présence de certains silex colorés*, ce que des expériences antérieures, exécutées avec des silex blonds et pâles, ne semblaient pas démontrer.

L'ensemble de ces diverses observations doit engager tous les préhis-

toriens à faire radiographier, non seulement les os humains *pathologiques* trouvés au cours des fouilles, mais aussi les débris osseux, non malades, mais n'ayant pas une apparence tout à fait normale ! un tel mode d'examen peut, à l'improviste, faire découvrir des lésions tout à fait inattendues et insoupçonnables à l'avance. Et ces faits éclairent alors d'un jour nouveau toute la biologie de nos ancêtres, et leur façon de vivre !

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la représentation picturale du mouvement.* Note de MM. **André Broca** et **Jean Comandon**, présentée par M. J.-L. Breton.

Les peintres et les sculpteurs ont toujours cherché à donner, par l'attitude de leurs figures, une évocation aussi saisissante que possible du mouvement qui a précédé le moment choisi et de celui qui va venir. Delacroix n'a pas craint, dit-il dans ses Mémoires, « de représenter derrière le glaive de l'exécuteur un éclair en secteur de cercle analogue à celui que donnerait à l'œil la vue de ce glaive très vivement éclairé pendant son mouvement ». De nombreux auteurs, parmi lesquels nous citerons Marey et Paul Richer, ont insisté sur les renseignements précieux donnés, à ce point de vue, par la cinématographie. Une première méthode consiste à surprendre le sujet dans une position qui serait impossible sans les forces d'inertie qui lui permettent de l'atteindre dans la nature. Nous pouvons citer le Mercure de Jean de Bologne et la Diane de Houdon; nous pouvons citer également les chevaux des frises du Parthénon. Quelques grands artistes ont su observer les positions caractéristiques, au milieu du dédale d'impressions déformées par la persistance, que donnent les mouvements rapides, et les ont choisies d'instinct. Ce sont celles où les membres, atteignant une position de maximum ou de minimum, prennent un instant une vitesse assez faible pour évoquer une perception interprétable.

Cela nous prouve l'intérêt qu'il y a à chercher dans le domaine de la physiologie les faits qui permettent de donner une base solide et susceptible d'enseignement aux réalisations sorties de la divination des grands artistes.

Léonard de Vinci recommande déjà, pour donner de la variété à la composition, de représenter sur le même tableau des sujets dans des positions différentes d'un même acte. Ceci a été appliqué avec plus ou moins de bonheur dans des tableaux représentant de nombreux personnages (batailles, chasses, travaux champêtres, etc.).

En particulier, la reproduction d'un chef-d'œuvre d'Henri Martin : *La Moisson*, permet d'analyser le phénomène. Plusieurs faucheurs sont représentés à divers stades du coup de faux. Quand l'œil fixe l'un d'eux, en cachant les autres, il a la notion certaine de ce que les peintres nomment le mouvement dans une figure; mais quand l'observateur laisse son regard errer normalement sur le tableau comme c'est l'habitude pour explorer le monde extérieur, il lui semble voir par instants chaque faucheur animé d'un mouvement de fauchage. Ce phénomène est remarquable quand l'éclairage n'est pas trop fort, et surtout quand l'attention ne se soutient pas trop longtemps, car le soutien de l'attention exige une fixation de l'œil pendant laquelle l'illusion se détruit.

Ayant observé ce phénomène fortuitement, nous avons pensé que son étude systématique était possible avec les moyens actuels de la cinématographie. Nous avons pris sur un film des positions caractéristiques d'un homme en marche avec un fardeau, nous les avons agrandies à trois échelles différentes et nous avons collé sur un carton ces photographies convenablement découpées; les apparences décrites ci-dessus s'observent parfaitement dans ces circonstances. Les modalités du phénomène peuvent même s'approfondir assez bien. Quand l'œil arrive sur un sujet qui présente avec le voisin une faible variation dans le mouvement des jambes et une forte variation, par exemple dans le mouvement d'un bras, on croit voir se produire le mouvement du bras allant de la position du premier sujet à la position du second.

Des phénomènes analogues prennent naissance quand on regarde une photographie de groupe d'hommes debout par exemple. Quand on fixe nettement, rien ne se produit. Quand, au contraire, on laisse l'œil errer des seconds plans aux premiers, on a la notion très nette de voir les sujets du premier plan apparaître comme se dressant devant l'observateur en avançant vers lui.

L'optique physiologique permet de comprendre les bases fonctionnelles de ces apparences au moyen de deux phénomènes bien connus : la persistance des impressions passées et le retard des impressions naissantes, le tout étant joint à la rapidité extrême des mouvements oculaires.

Soit une image développée sur la rétine et supposons que la fixation qui l'a produite cesse à un instant donné; l'œil se portant, par un mouvement qui dure un temps extrêmement court, à une position voisine, où se trouve un deuxième sujet plus ou moins analogue. Au moment de la fixation nou-

velle, la première image dure encore, elle s'efface et la deuxième prend sa place. Tous ces phénomènes durent un temps de l'ordre du dixième de seconde. La persistance dure un peu moins d'un dixième (Plateau); la perception des formes exige un temps environ moitié moindre (Broca et Sulzer). Ce dernier chiffre aurait besoin d'ailleurs d'une mesure nouvelle, car le travail dont il est tiré montre son extrême variabilité suivant la complication de l'acte psychique qui lui est lié. Le chiffre que nous donnons semble être un minimum.

Il ne faut pas chercher, dans ce que nous venons de décrire, des mouvements de translation, l'illusion est celle du sujet qui produit sur place le mouvement de passage d'une attitude à l'autre. Les mouvements sont analogues à ceux d'un paquet de vers vivants : s'il était permis d'user d'un néologisme, on dirait que le sujet *grouille*.

Cette théorie fait comprendre l'intensité que prennent les phénomènes quand l'éclairage n'est pas trop fort, car, dans ces conditions, la durée de persistance augmente ainsi que le temps d'établissement de la sensation. Elle fait comprendre aussi que, lorsque la distance de deux sujets voisins est vue sous un diamètre apparent un peu grand, le phénomène diminue beaucoup d'intensité. Cela tient à la durée plus grande du mouvement de l'œil.

L'illusion du mouvement se produit mieux avec des photographies agrandies à contours enveloppés qu'avec des dessins au trait. Cela se comprend, car la netteté absolue du contour n'est pas compatible avec l'existence d'un mouvement, et le contour net donne à l'œil un signe local en discordance avec le reste du phénomène.

Nous croyons donc pouvoir recommander aux peintres l'étude des films cinématographiques au point de vue spécial que nous venons d'indiquer, celui de la recherche des positions caractéristiques, qui, placées statiquement auprès l'une de l'autre, donneront à un groupe l'aspect de la vie.

ZOOLOGIE. — *Nouvelle contribution à la faune ichtyologique des eaux douces du Maroc*. Note de M. **Jacques Pellegrin**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Dans une Note parue il y a quelques années [1], j'ai donné un aperçu général de ce que l'on savait alors sur les Poissons des eaux douces du Maroc.

---

[1] J. Pellegrin, *Sur la faune ichtyologique des eaux douces du Maroc* (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 809).

Une liste de 24 espèces comprenait sept formes cosmopolites semi-marines et seize réellement dulçaquicoles, beaucoup plus intéressantes au point de vue zoogéographique. Ces dernières, en effet, appartenant toutes, à l'exception de la Truite, à la famille des Cyprinidés, se rattachaient à deux groupes distincts, les unes se reliant à des types européens, tandis que les autres, au contraire, se trouvaient apparentées à des formes vraiment africaines de la zone équatoriale cyprinoïde d'A. Günther.

Cette constatation n'était pas sans importance, car si en Algérie et en Tunisie le versant sud de l'Atlas marque assez bien la limite entre la *sous-région mauritanique* à caractère paléarctique et la *région éthiopienne* ou africaine proprement dite, il n'en est pas de même dans les cours d'eau du Maroc occidental se jetant dans l'Atlantique, où s'opère un mélange des deux faunes (¹).

Des éléments nouveaux, presque tous fournis par des exemplaires recueillis par M. Alluaud, conservateur du musée de Rabat, permettent de compléter ces premières données.

Parmi les espèces anadromes, indépendamment de l'Alose feinte, l'Alose vulgaire (*Alosa vulgaris* C. V.) très abondante et objet d'une pêche fort importante, descend au Sud jusqu'à l'oued Massa, rivière qui prend sa source dans l'Anti-Atlas et est le dernier cours d'eau permanent du sud du Maroc. C'est là, assurément, le point le plus méridional de l'habitat d'une espèce particulièrement intéressante au point de vue économique.

Dans la famille des Cyprinidés, les Barbeaux présentent au Maroc une variabilité considérable. C'est un genre actuellement en pleine évolution, aux caractères instables et peu fixés. Plusieurs espèces nouvelles ont dû être ajoutées à celles déjà signalées.

Dans l'oued Massa, le Sous et l'Issen son affluent, on trouve un Barbeau de type européen, à écailles à stries divergentes, auquel j'ai donné (²) le nom de *Barbus massaensis* et qui est surtout remarquable par la faible ossification du troisième rayon simple de sa nageoire dorsale, celui-ci ne portant plus sur son bord postérieur que des traces de denticulations qui disparaissent même parfois complètement. C'est là le premier terme d'une série se continuant par les *Barbus Ksibi* Boulenger et *setivimensis* C. V., à rayon osseux de la dorsale médiocre ou moyen, et se terminant par le *B. callensis* C. V., à rayon épineux très fort, allongé et profondément denticulé. Il

---

(¹) M. Boulenger a fourni peu après (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 1016) une explication ingénieuse de ce fait en montrant que les *Varicorhinus* et les *Labeobarbus* de type éthiopien ou sud-asiatique, ont pu se maintenir au Maroc et dans quelques autres régions de l'Afrique où on les rencontre, par suite de l'absence de Characinidés herbivores comme les *Distichodus* et les *Citharinus*, qui partout ailleurs les supplantent.

(²) *Bull. Soc. Sc. nat. Maroc*, t. 2, 1922, p. 104.

est curieux de noter que dans les rivières du Maroc occidental, d'une façon générale et sans vouloir attribuer à ce fait une rigueur absolue, les formes les mieux armées sont plutôt septentrionales, l'ossification allant, en quelque sorte, en diminuant à mesure qu'on s'avance vers le sud (¹).

La bouche présente aussi de grandes modifications chez les Barbeaux marocains, ce qui m'a amené à distinguer deux variétés à grosses lèvres (*labiosa*), aussi bien chez le *B. massaensis* Pellegrin que chez le *B. setivimensis* C. V. L'hypertrophie labiale qu'on constate chez certains sujets et qui n'est pas, semble-t-il, un caractère sexuel, ne paraît pas avoir d'influence sur la longueur relative des barbillons.

Chez le *Barbus issenensis* Pellegrin, nouvelle espèce de l'Issen et du Sous, voisine du *B. massaensis*, lès lèvres, au contraire, sont très peu développées, l'inférieure, coupante, a son bord antérieur presque droit, recouvert d'un étui corné, tranchant. Le Barbeau de Figuig (*B. figuigensis* Pellegrin) qui mérite d'être élevé au rang d'espèce, voit son habitat étendu de l'oasis de Figuig à Timimun (Sud oranais), grâce à un envoi du Dr Edmond Sergent. Par contre, je ramène le *Barbus atlanticus* Boulenger au *B. Waldoi* Blgr. (²).

Une découverte particulièrement remarquable est celle d'un Cobitidiné dans l'Afrique du Nord. M. Alluaud a pris dans l'oued Tafilet, affluent du Sébou, des petits Poissons qui, d'après mon examen, ne sont autres que des Loches de rivière (*Cobitis tænia* Linné). Le fait mérite d'autant plus d'être signalé qu'en dehors d'un *Nemachilus abyssinicus* Boulenger, du lac Tana, en Abyssinie, aucun représentant du groupe n'avait encore été rencontré en Afrique. La Loche de rivière, très abondante en Europe et connue de la Scandinavie à l'Espagne, pénètre donc au Sud jusqu'au Maroc.

Aux Muges déjà cités, remontant les rivières de ce pays, il faut maintenant ajouter : le Muge sauteur (*Mugil saliens* Risso) et le Muge à grosses lèvres (*M. chelo* Cuvier).

L'exploration scientifique du pays, maintenant méthodiquement entreprise, amènera sans doute de nouvelles découvertes en ce qui concerne sa faune ichtyologique. Pour l'instant, le total des espèces dulçaquicoles marocaines se trouve porté à 30, plus 2 variétés.

Sans infirmer les données précédentes, sur le mélange au Maroc de formes paléarctiques et africaines, les récentes additions paraissent néanmoins montrer dans les rivières chérifiennes une certaine prédominance des types européens, et la présence de Cobitidinés, comme la Loche de rivière, est des plus caractéristiques sous ce rapport.

(¹) Il en est à peu près de même, en France, pour nos deux espèces de Barbeaux indigènes : le Barbeau méridional (*Barbus caninus* Cuvier), sans rayon dorsal ossifié se trouvant localisé seulement dans le Midi circumméditerranéen, tandis que le Barbeau commun (*B. fluviatilis* Agassiz), à rayon fortement ossifié et denticulé, se trouve presque partout.

(²) *Mém. Soc. Sc. nat. Maroc*, t. 1, n° 2, 1921, p. 141.

MÉDECINE. — *Influence de la d'Arsonvalisation diathermique sur les glandes endocrines. Application au traitement de la maladie de Basedow.* Note de M. **H. Bordier**, transmise par M. d'Arsonval.

On sait quelle énorme influence possèdent les oscillations électriques de haute fréquence sur la nutrition des tissus qu'elles traversent : ma Note ([1]) avait pour but de signaler ces effets dans les plaies atones.

Par analogie, il était permis de penser que ces mêmes effets trophiques pourraient se produire dans certaines glandes à sécrétion interne soumises convenablement à la d'Arsonvalisation diathermique, comme les ovaires et le corps thyroïde, en particulier.

J'ai commencé à étudier cette action sur l'ovaire et dans mon livre sur la diathermie ([2]), je rapporte un cas de guérison d'aménorrhée à peu près complète; ici c'est en agissant sur la nutrition du tissu ovarien et en en produisant l'hypérémie que la diathermie a rétabli la fonction très ralentie de cet organe.

D'autre part, dans un cas d'insuffisance ovarienne, avec bouffées de chaleur fréquentes, la d'Arsonvalisation diathermique a été suivie de résultats remarquables.

Les effets de la diathermie sur la fonction thyroïdienne sont de même très intéressants; dans le syndrome de Basedow, le traitement diathermique paraît appelé à rendre de grands services aux malades. Quoique les cas que j'ai pu traiter depuis quelques mois seulement soient encore très peu nombreux, il me semble utile de faire connaître les premiers résultats obtenus. La tachycardie est le symptôme qui s'améliore le plus rapidement, le nombre de pulsations diminue dès les premières séances : de 120 par exemple, les pulsations tombent à 80, après quatre ou cinq applications.

Le volume du goître subit une diminution pouvant atteindre plusieurs centimètres de la circonférence du cou.

L'exophtalmie s'améliore aussi relativement vite, beaucoup plus vite qu'après la radiothérapie ou la galvanisation. Le tremblement a persisté dans mes cas, quoique la tachycardie et l'exophtalmie se soient très améliorées.

La technique du traitement est simple : elle consiste à faire asseoir le

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1214.

([2]) *Diathermie et Diathermothérapie*, p. 456, Paris, Baillière et Fils, 1922.

malade sur une large plaque d'étain reliée à l'une des bornes de l'appareil de diathermie, pendant que l'autre électrode en étain souple, de 150^{cm^2}, est appliquée sur le cou et le haut du thorax en lui faisant recouvrir, autant que possible, le goitre. Le malade ayant la tête suffisamment renversée une serviette spongieuse pliée est placée sur l'électrode active et maintenue sur la plaque d'étain par une bande de caoutchouc.

L'intensité peut atteindre assez vite 1000 milliampères et peut être poussée jusqu'à 1200 milliampères. La durée de chaque séance doit être d'environ une demi-heure. Quant au nombre des séances, il est variable avec chaque cas; je préfère appliquer le traitement par séries, en faisant 10 séances consécutives suivies d'un repos de 12 à 15 jours.

Les premiers résultats m'autorisent à émettre l'espoir que la d'Arsonvalisation diathermique constituera le moyen thérapeutique le plus efficace que nous possédions contre le goitre exophtalmique.

A $15^h 5^m$, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h 15^m$.

A. Lx.

ERRATA.

—

(Séance du 5 février 1923.)

Note de M. *St. Procopiu*, Sur les spectres d'arc des métaux dans divers milieux et dans le vide :

Page 387, la note du bas de la page doit être reportée à la page 386, paragraphe 1, qui concerne l'arc dans l'eau.

(Séance du 26 février 1923.)

Note de M. *Maurice Lecat*, Expression des déterminants les plus généraux d'une matrice en fonction des sections :

Page 557, ligne 7 en remontant, la limite supérieure de la somme en μ est n.
Page 559, ligne 3, *au lieu de* $\delta_{\tau N, \theta_\sigma}$, *lire* $\delta_{\tau_N, \theta_\sigma}$.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 19 MARS 1923.

PRÉSIDENCE DE M. ALBIN HALLER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

En annonçant le décès de M. *Van der Waals*, M. A. **Haller** a prononcé l'allocution suivante :

L'Académie vient de perdre en la personne de M. **Van der Waals**, un de ses Associés étrangers qui, par la haute portée de son œuvre et l'influence qu'elle a exercée, doit être rangé parmi les savants les plus féconds et les plus distingués de notre époque.

A l'exemple de plusieurs de ses compatriotes, notre regretté confrère a eu une prédilection marquée pour la physique mathématique et la physico-chimie.

Il n'est pas de physicien ni de chimiste qui ne connaissent les remarquables études de l'auteur sur les liquides et les gaz, études qui ont abouti à l'établissement des équations d'état vérifiées expérimentalement, malgré quelques divergences de détails, par M. Amagat et plusieurs autres physiciens de marque. On sait d'autre part que M. Van der Waals ne s'est pas seulement occupé des fluides isolés. A partir de 1889, il a publié une série de mémoires relatifs au cas infiniment plus compliqué des fluides mélangés. Les théories émises ont encore donné lieu à un nombre considérable de recherches expérimentales, soit dans les laboratoires de M. Kammerling Onnes, en Hollande, soit sous l'impulsion de M. Duhem, en France. Les résultats obtenus ont également confirmé la justesse et la profondeur des conceptions de l'auteur.

Indépendamment de l'œuvre géniale et de haute envergure que nous venons de signaler, M. Van der Waals a encore publié divers mémoires sur le déplacement du maximum de densité de l'eau, sur le potentiel ther-

modynamique, sur les systèmes ternaires, sur la capillarité, sur la dissociation, sur le nombre de chocs d'une molécule, sur l'influence de l'état moléculaire des corps dissous sur la tension de vapeur, etc.

Pour terminer ce trop rapide exposé, je ne puis mieux faire que de citer l'opinion de Henri Poincaré, bon juge en la matière, sur l'œuvre de l'éminent savant hollandais. Dans le rapport qu'il lui a consacré, en 1910, il concluait : « On voit que M. Van der Waals a contribué aux progrès de la Physique, non seulement par ses recherches personnelles, mais par les travaux qu'il a inspirés; c'est en effet un de ces hommes qui font travailler parce qu'ils font penser. »

M. A. **Lacroix** annonce le décès de M. *F. de Montessus de Ballore*, directeur du Service sismologique du Chili.

ARITHMÉTIQUE. — *Sur l'approximation les uns par les autres de nombres rationnels ou incommensurables appartenant à des ensembles énumérables donnés.* Note de M. **Émile Borel**.

La très intéressante Note [1] de M. Mordoukhay-Boltovskoy apporte une importante contribution à la solution d'un problème sur lequel j'ai, à diverses reprises, attiré l'attention [2]. En combinant les résultats de M. Mordoukhay-Boltovskoy avec ceux que j'avais obtenus de mon côté, il ne serait pas difficile d'énoncer des lois générales sur les propriétés arithmétiques des nombres obtenus à partir des entiers au moyen des opérations algébriques et des opérations exponentielle et logarithmique, au moins dans le cas où ces dernières opérations ne se superposent pas; de nouvelles recherches seraient nécessaires pour le cas où l'on superposerait plusieurs exponentielles ou logarithmes; les résultats déjà acquis rendent cependant très vraisemblable le fait que les lois générales que l'on obtiendrait seraient de même nature.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 724.

(2) *Sur la nature arithmétique du nombre e* (*Comptes rendus*, t. 128, 1899, p. 596); *Sur l'approximation, les uns par les autres, des nombres formant un ensemble dénombrable* (*Ibid.*, t. 136, 1903, p. 297). Ces Notes sont reproduites dans mon Ouvrage : *Méthodes et problèmes de théorie des fonctions*, Chapitre III (Gauthier-Villars, 1922).

M. Mordoukhay-Boltovskoy utilise surtout comme je l'avais fait (¹), la méthode d'Hermite sous la forme que lui avait donnée Hurwitz; il y aurait intérêt, comme je l'ai indiqué (²), à utiliser également les méthodes de Lindemann et Weierstrass.

Je crois qu'il y aurait également intérêt à mettre tous les résultats acquis sur le problème général énoncé dans le titre de cette Note sous une forme utilisant ce que j'ai appelé la hauteur (³); peut-être rapprocherait-on ainsi le moment où ce problème général pourrait être abordé autrement que par des artifices analytiques variant avec chaque cas particulier.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur la durée de révolution des planètes.* Note de M. L. Lecornu.

Dans une Note *Sur la correction apportée par la théorie de la Relativité à la durée de révolution newtonienne des planètes* (⁴), M. Jean Chazy dit qu'en attribuant, comme je l'ai proposé, le déplacement résiduel des périhélies à l'action d'une force normale à la vitesse, proportionnelle à celle-ci, et inversement proportionnelle au cube de la distance au Soleil, on serait conduit à admettre, pour la durée des révolutions sidérales, des corrections de l'ordre de la seconde. Cette question mérite d'être examinée de près.

Soient T la durée de la révolution sidérale, a la distance moyenne au Soleil, v la vitesse, quand on tient compte seulement de l'action newtonienne. Soient T', a', v' ce que deviennent ces quantités quand on fait intervenir une force perturbatrice capable de produire, suivant la normale intérieure, une accélération $2\lambda v'$, λ désignant une fonction du rayon vecteur r (⁵). Appelons f la constante de l'attraction universelle, m et m' les masses du Soleil et de la planète, k le produit $f(m+m')$. Cherchant seulement à estimer l'ordre de grandeur des variations $T'-T$ et $a'-a$, nous

---

(¹) *Méthodes et problèmes de théorie des fonctions*, p. 103.

(²) *Ibid.*, p. 104.

(³) *Ibid.*, p. 120. Voir aussi la Note de M. Carl Störmer, *Sur une propriété arithmétique des logarithmes des nombres algébriques* (*Bulletin de la Société mathématique*, 1900). Il s'agit dans cette Note des logarithmes vulgaires, rapports de deux logarithmes naturels, ce qui simplifie beaucoup la question.

(⁴) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 666.

(⁵) Dans ma Note du 6 février 1922, c'est seulement à titre d'hypothèse accessoire que j'ai suggéré d'adopter pour λ une valeur inversement proportionnelle à r^3.

pouvons négliger l'influence de l'excentricité. On a alors les deux relations

$$\frac{v^2}{a} = \frac{k}{a^2}, \qquad \frac{v'^2}{a'} = \frac{k}{a'^2} + 2\lambda v'.$$

D'ailleurs

$$v = \frac{2\pi a}{T} \quad \text{et} \quad v' = \frac{2\pi a'}{T'}.$$

Donc

$$k = \frac{4\pi^2 a^3}{T^2} = \frac{4\pi^2 a'^3}{T'^2}\left(1 + \frac{\lambda T'}{\pi}\right).$$

Posons

$$a' = a(1+\alpha), \qquad T' = T(1+\tau)$$

et traitons α, τ, λ comme des infiniment petits. Il vient ainsi

$$3\alpha - 2\tau + \frac{\lambda T}{\pi} = 0.$$

Lorsqu'on annule α, on trouve $\tau = \frac{\lambda T}{2\pi}$. Mais on peut aussi bien annuler τ, ce qui donne $\alpha = -\frac{\lambda T}{3\pi}$.

Dans le cas d'une orbite elliptique, la valeur moyenne de λT mesure le déplacement éprouvé par le périhélie pendant la durée d'une révolution. Ce déplacement, pour Mercure, dont la révolution s'effectue en 88 jours, est de moins de $\frac{1}{8}$ de seconde, en sorte que $\frac{\lambda T}{\pi}$ vaut environ $\frac{1}{5}10^{-6}$. Si donc on fait porter entièrement la correction sur le demi-grand axe, celui-ci est altéré de la fraction $\frac{1}{15}10^{-6}$, qui représente 3^{km} ou 4^{km} seulement.

Rien n'empêcherait de répartir la correction entre a et T, mais il est clair que la mesure de T est bien plus précise que celle de a, car elle s'obtient en totalisant les durées d'un grand nombre de révolutions et divisant ensuite par ce nombre. Pour calculer a en fonction de T, il faudrait que la valeur de k fût exactement connue.

Ces considérations me portent à penser que dans l'état actuel de la Science l'étude des durées des révolutions sidérales n'est pas susceptible de fournir un argument contre l'existence de la force perturbatrice dont il s'agit.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Autoxydation et action antioxygène. Propriétés catalytiques de l'iode et de ses composés. Cas de l'acroléine* (VI). Note de MM. **Charles Moureu** et **Charles Dufraisse**.

Ainsi que nous l'avons indiqué dans notre dernière Note (¹), nous avons été amenés, conformément à notre théorie du mécanisme de l'action antioxygène, à penser que l'iode et ses composés devaient jouir de propriétés catalytiques dans les phénomènes de l'autoxydation et qu'en particulier ils devaient posséder, dans certaines conditions, la propriété antioxygène. Nous présentons aujourd'hui un premier ensemble d'expériences, qui ont été exécutées sur l'acroléine, dont on connaît la grande oxydabilité.

I. Comme le point de départ de notre raisonnement était l'action catalytique de l'acide iodique sur l'eau oxygénée, c'est par l'acide iodique qu'il nous a semblé naturel de commencer nos essais. Nous dirons de suite que nous n'avons observé aucune action; peut-être cela tient-il à la trop faible solubilité de l'action iodique dans l'acroléine, qui ne permettrait pas de réaliser la concentration efficace.

La même observation s'applique aux iodates; nos expériences ont été faites avec les iodates de potassium, de sodium, de calcium, de baryum, d'argent.

Nous nous proposons de reprendre ces essais dans de nouvelles conditions. D'autres substances que l'acroléine seront également étudiées au même point de vue.

II. *a*). Le premier corps que nous avons expérimenté après cet échec est l'iodure de sodium. Les résultats ont été remarquables : à la concentration de $\frac{1}{1.000}$, il y avait arrêt complet de l'oxydation, comme avec les phénols les plus actifs.

Les corps suivants ont été ensuite soumis au même essai : iodures d'arsenic, antimoine, bismuth, potassium, lithium, baryum, strontium, calcium, cérium, magnésium, zinc, manganèse, fer, nickel, plomb, cuivre, mercure au maximum, mercure au minimum, mercure-ammonium, argent; iodure d'ammonium; iodhydrates de méthylamine, diméthylamine, triméthylamine; iodure de tétraméthylammonium; iodhydrate d'éthylamine; iodure de tétréthylammonium; iodhydrates de β-méthylspartéine, strychnine, cinchonine, quinidine; iodométhylates α et α' de spartéine, α d'isospartéine; diiodométhylate de diméthylspartéine. Soit, au total, 36 corps.

(¹) Ch. Moureu et Ch. Dufraisse, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 624.

Sauf les iodures mercureux et mercurique et l'iodure d'argent, sans doute trop peu solubles, tous se sont montrés nettement antioxygènes à la dose d'environ $\frac{1}{1.000}$.

C'est la pleine justification de notre hypothèse. Comme nous l'avions prévu, les iodures minéraux, les iodures d'ammoniums, les iodhydrates de bases organiques, se comportent comme les phénols vis-à-vis de l'action de l'oxygène sur l'acroléine.

Remarquons que, parmi les 33 corps trouvés actifs, 19 sont purement minéraux. Cette constatation semble bien indiquer, ainsi que le prévoit la théorie, que la propriété antioxygène, loin d'être l'apanage d'un groupe de corps (phénols), peut être une propriété très générale et appartenir à des substances de la nature la plus variée.

Comme le prévoyait également notre théorie, nous avons reconnu que les bromures sont beaucoup moins actifs que les iodures, et que les chlorures, comme aussi les fluorures, sont sensiblement inactifs. Il y a bien, à la vérité, des exceptions, mais elles se rencontrent précisément chez les halogénures où la théorie permet de faire soupçonner pour l'ion positif la propriété antioxygène qui manque à l'ion négatif. Ces expériences feront l'objet d'un exposé spécial. Contentons-nous, pour l'instant, de mentionner le cas très curieux du nickel, dont le chlorure est un catalyseur positif d'oxydation, alors que l'iodure du même métal est antioxygène.

b). Nos observations, comme dans le cas des phénols, étaient faites dans des tubes barométriques. Dans l'ensemble les choses se passent d'une manière analogue, à savoir que, dans le tube témoin (acroléine pure), l'absorption de l'oxygène est rapide, tandis que, dans les tubes où l'acroléine était additionnée de catalyseurs, le mercure, au lieu de s'élever, comme dans le tube témoin, s'abaisse dès le début, par suite de la diffusion de la vapeur d'acroléine, jusqu'à ce qu'un certain niveau soit atteint. L'analogie se poursuit d'ailleurs vis-à-vis des conditions de la formation du disacryle : en même temps qu'ils empêchent l'oxydation de l'acroléine, nos iodures et iodhydrates empêchent aussi sa transformation en disacryle, comme le font les phénols; et, de même que dans le cas de ces derniers, le disacryle n'apparaît que lorsque cesse l'oxydation.

c). Quant au pouvoir antioxygène, il est certainement du même ordre que celui des phénols. Ainsi, par exemple, pour l'iodhydrate de monométhylamine, on a pu observer une action très nette à la dose de $\frac{1}{1.000.000}$, l'arrêt complet de l'oxydation pendant au moins un mois étant constaté pour la dose de $\frac{1}{1.000}$.

d). Certaines de nos expériences ont dû être interrompues, à cause de

leur durée (plusieurs semaines), sans qu'on ait pu constater le moindre fléchissement de l'action antioxygène (abstraction faite du phénomène parasite décrit dans une Note antérieure). Pour d'autres, au contraire, l'absorption de l'oxygène a été constatée après des temps variables. Mais nous trouvons ici une différence importante entre l'action des iodures minéraux, iodures d'ammoniums et iodhydrates, et celle des phénols. Avec ces derniers, on observait régulièrement et dès le début, aux grandes dilutions, une oxydation d'allure ralentie. Ici, au contraire, une première phase se manifeste par un arrêt, en apparence complet, de l'oxydation, même aux grandes dilutions ; puis, dans une deuxième phase, la fonction antioxygène ayant cessé brusquement, l'oxydation s'effectue, mais cette fois l'allure n'en est pas ralentie par rapport à celle du témoin (acroléine pure), et, même, une accélération appréciable a été souvent constatée [1].

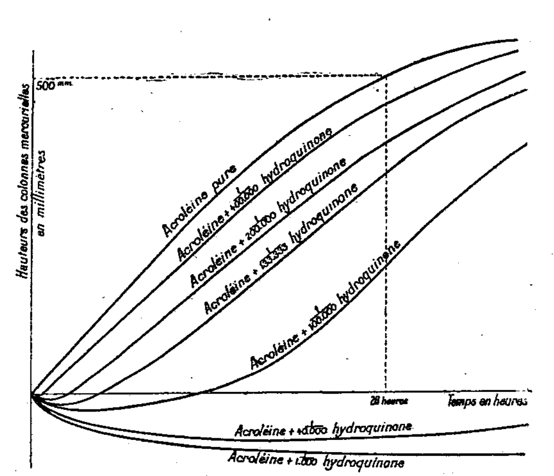


Fig. 1. — Courbes d'ascension des colonnes mercurielles pendant l'oxydation, en présence d'*hydroquinone*.

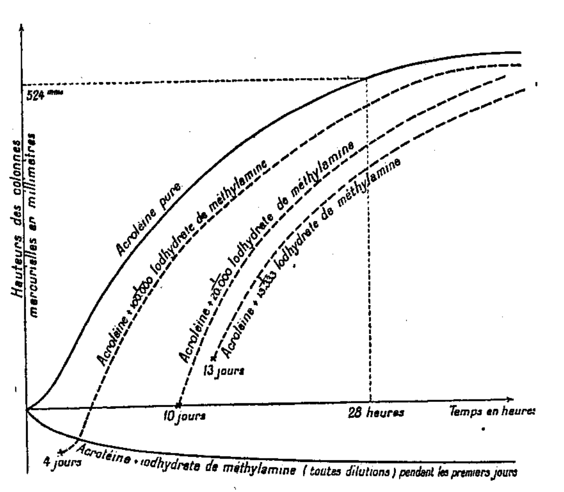


Fig. 2. — Courbes d'ascension des colonnes mercurielles pendant l'oxydation, en présence d'un *iodhydrate*.

(Les courbes en pointillé ont été décalées parallèlement à elles-mêmes vers l'axe des ordonnées.)

Il faut noter toutefois qu'aux grandes dilutions l'accélération n'est généralement plus appréciable, ce qui démontre, tout au moins dans le cas de l'acroléine, que la catalyse positive est infiniment moins intense que la catalyse négative.

e). Nous donnons ci-dessus, dans deux graphiques, une série de courbes traduisant l'ascension du mercure en fonction du temps dans les tubes.

---

(1) Rappelons toutefois qu'en étudiant les phénols nous avons rencontré, dans des circonstances spéciales, un cas analogue (accélération dans une deuxième phase).

Elles font bien apparaître la différence de l'action antioxygène entre les phénols, en l'espèce l'hydroquinone, d'une part, et les iodures et iodhydrates, en l'espèce l'iodhydrate de monométhylamine, d'autre part :

On voit que les courbes représentant l'oxydation de l'acroléine en présence de proportions croissantes d'hydroquinone s'abaissent de plus en plus vers l'axe des temps, ce qui correspond à des vitesses d'oxydation décroissantes, à mesure qu'augmente la proportion du phénol.

Dans les courbes de l'iodhydrate de méthylamine, au contraire, on aperçoit d'abord un arrêt plus ou moins prolongé, et, en apparence du moins, total, de l'oxydation; et l'on voit ensuite l'oxydation commencer brusquement, pour se poursuivre dès lors à l'allure du témoin. (Notons que les courbes en pointillé ont été déplacées parallèlement à elles-mêmes, pour pouvoir entrer dans le cadre du graphique.)

Il est superflu d'ajouter qu'avec les autres catalyseurs la nature particulière de chacun d'eux et l'influence de la concentration se mettent facilement en évidence. Dans le cas de l'iodure de bismuth employé à la dose de $\frac{1}{1.000}$, par exemple, le début de l'oxydation a lieu après 160 heures, et l'on constate nettement une accélération.

Il est vraisemblable que les deux phases — d'abord arrêt de l'oxydation (catalyse négative), puis commencement brusque de l'oxydation, avec accélération souvent appréciable (catalyse positive plus ou moins nette) — ont toujours lieu, et qu'on les observerait dans tous les cas si l'on prolongeait assez longtemps les observations.

Par exemple, l'iodhydrate de méthylamine paraît arrêter indéfiniment l'oxydation à la dose de $\frac{1}{1.000}$, alors que, comme on le voit sur le graphique, l'arrêt ne persiste que pendant quelque temps à des doses plus faibles ($\frac{1}{13.000}$, etc.), la variation de la durée étant assez régulièrement dans le même sens que celle de la concentration. En attendant assez longtemps, tout porte à supposer que l'on finirait par observer un commencement d'oxydation pour des doses de $\frac{1}{1.000}$, $\frac{1}{500}$, etc.

III. *a*). On peut considérer l'iode, dans les iodures minéraux, les iodures d'ammoniums et les iodhydrates, comme se trouvant à l'état d'ion. Comment se comporterait le même élément vis-à-vis du phénomène de l'autoxydation, dans les composés organiques, où il est dans un autre état?

Notre première expérience, en vue de répondre à cette question, fut faite avec l'iodure de méthyle. On observa, à une dose qui n'avait pas été mesurée, une accélération très nette et non précédée d'une phase de retardement. L'iode organique paraissait donc, du moins au premier abord,

agir autrement que l'iode à l'état d'ion. En réalité, il n'en est rien, comme nous allons le montrer.

En étudiant l'action de l'iodure de méthylène, de l'iodoforme et du tétraiodure de carbone, on constate, à la vérité, pour de faibles concentrations (environ $\frac{1}{1.000}$), simplement une accélération, mais, si l'on emploie des doses environ dix fois plus fortes, on observe, préalablement à l'accélération, un arrêt de l'oxydation, lequel, encore de courte durée avec l'iodure de méthylène, a été beaucoup plus long (voir plus loin) avec l'iodoforme et avec le tétraiodure de carbone[1]. On pourrait donc en induire que, dans le cas de l'iodure de méthyle aussi, il devait y avoir d'abord une phase d'arrêt, mais sans doute très courte et difficile à saisir. En fait, dans une expérience exécutée à la concentration de $\frac{1}{80}$, on a pu percevoir, avant l'accélération, un temps d'arrêt de plusieurs minutes.

L'iode organique ne paraît donc pas réagir autrement, au fond, que l'iode à l'état d'ion.

b). Nous avons d'ailleurs exécuté des essais sur des composés très variés. En voici la liste :

Iodures de méthyle, méthylène, éthyle, éthylène, acétylène, allyle, phényle, benzyle; iodoforme, acétylène diiodé, éthylène periodé, tétraiodure de carbone, diiodure de benzoylphénylacétylène (deux isomères), chlorure d'iodobenzène, iodosobenzène, acétate d'iodosobenzène, iodylobenzène, iodol, iodéosine; soit, au total, 20 substances.

On a observé des effets assez variés, suivant la nature des corps et leur concentration. Voici le résumé de l'ensemble des résultats :

Ont été trouvés inactifs ou très peu actifs (sensiblement sans action catalytique, positive ou négative) : l'iodure d'allyle à $\frac{1}{114}$, l'iodobenzène à $\frac{1}{1.000}$, l'éthylène periodé à $\frac{1}{1.000}$, les deux iodures de benzoylphénylacétylène à $\frac{1}{1.000}$.

Ont été trouvés plus ou moins accélérateurs de l'oxydation, sans que la phase d'arrêt ait pu être perçue (nous savons que, pour quelques-uns au moins, c'est à cause de l'insuffisance de la concentration), les iodures de méthyle à $\frac{1}{700}$, de méthylène à $\frac{1}{220}$, d'éthyle à $\frac{1}{400}$ et les corps suivants à $\frac{1}{1.000}$: iodoforme, tétraiodure de carbone, acétylène diiodé, chlorure d'iodobenzène, iodosobenzène, iodylobenzène, iodéosine.

---

(1) Le cas de l'iodure de carbone marque un plein accord avec notre théorie : ce corps est, en effet, tellement oxydable qu'il est très rapidement détruit par l'air en solution dans un solvant non autoxydable.

La phase d'arrêt (catalyse négative), suivie de la phase d'accélération (catalyse positive), a été nettement constatée dans les cas suivants : iodure de méthyle à $\frac{1}{80}$ (quelques instants), iodure de méthylène à $\frac{1}{100}$ (15 minutes), iodoforme à $\frac{1}{100}$ (20 heures), tétraiodure de carbone à $\frac{1}{100}$ (plusieurs jours), iodure d'éthylène à $\frac{1}{1.000}$ (8 heures), iodure d'acétylène à $\frac{1}{1.000}$ (18 heures), iodol à $\frac{1}{1.000}$ (90 heures), iodure de benzyle à $\frac{1}{1.000}$ (70 heures).

L'acétate d'iodosobenzène, employé à la dose de $\frac{1}{1.000}$, a présenté, par exception, une inversion dans l'ordre des deux phases : il s'est montré d'abord accélérateur, puis retardateur.

IV. Le cas de l'iode libre a naturellement aussi été étudié. Tout comme le plus grand nombre de ses composés, l'iode manifeste tout d'abord une action négative, suivie, après décoloration de la liqueur, d'une action nettement positive. A la dose de $\frac{1}{1.000}$ le retard atteint quelques heures seulement, à la dose de $\frac{1}{100}$ le retard peut aller jusqu'à quelques jours [1].

V. Il ressort, en résumé, de tous ces faits, que l'iode apparaît comme un catalyseur très important dans les phénomènes d'autoxydation. En gros, son mode d'action semble être le même, qu'il soit à l'état d'ion (iodures minéraux, iodures d'ammoniums, iodhydrates) ou à l'état organique ; mais il est certain que *l'iode à l'état d'ion est surtout un retardateur énergique de l'oxydation* (*catalyse négative*).

Comme on le voit, les faits nombreux et très divers que nous avons relatés rentrent bien dans le cadre de notre théorie. Toutefois, si l'on pouvait s'attendre à des actions aussi bien de catalyse positive que de catalyse négative, il y a quelque chose d'un peu imprévu dans ce passage régulier, pour l'iode et ses composés agissant sur l'autoxydation de l'acroléine, de la catalyse négative à la catalyse positive. Comment interpréter cette succession des phénomènes ?

Puisqu'il y a inversion catalytique, il est naturel, toutes choses restant égales dans le système, d'en attribuer tout d'abord la cause à une modification du catalyseur. En fait, en observant la liqueur en activité, on la voit d'ordinaire se colorer peu à peu et plus ou moins fortement en jaune rouge, pour se décolorer finalement, après des temps très variables suivant les cas, la décoloration étant toujours complète quand la phase d'oxydation commence. Manifestement le catalyseur a changé de nature. Quelle peut être la

---

(1) Rappelons que, parmi les corps qui entravent l'autoxydation du phosphore, l'iode et ses composés occupent une place à part, en raison de leur grande activité (M. Centnerszwer, *Zeit. phys. Chem.*, t. 26, 1898, p. 43, et t. 85, 1913, p. 109).

nouvelle forme, accélératrice celle-ci, qu'a prise l'iode ? L'étude que nous avons entreprise de l'action chimique directe de l'iode sur l'acroléine donnera sans doute à cet égard d'utiles renseignements.

Nous tenons à souligner ici, comme observation générale, le fait que tous les phénomènes dont nous venons de parler sont fortement influencés par la lumière, même artificielle.

Il est enfin superflu d'ajouter qu'en dehors de l'acroléine nous poursuivons également l'étude de l'action catalytique de l'iode et ses composés sur l'autoxydation d'autres substances.

VI. *Considérations biologiques.* — En présence des résultats qui viennent d'être exposés, il y a lieu de se demander quel peut-être le rôle de l'iode dans la Nature.

Constatons d'abord qu'il est largement diffusé dans le règne minéral. Il y en a des proportions notables dans la mer, milieu iodé d'importance fondamentale, où vivent des êtres innombrables, qui souvent accumulent le métalloïde dans leurs organes. On le rencontre, d'autre part, chez tous les êtres vivants, végétaux ou animaux, et on le range même d'ordinaire parmi les éléments considérés comme étant nécessaires à la vie (A. Gautier, Baumann, Gley, etc.).

D'après nos expériences, ne peut-on pas supposer que l'iode agirait peut-être, dans beaucoup de cas, comme agent de régularisation dans les phénomènes d'oxydation ? De faibles quantités d'énergie suffiraient pour faire passer l'iode de l'état de catalyseur positif à celui de catalyseur négatif, ou inversement, suivant les besoins de l'organisme.

Dans cet ordre d'idées, on ne peut vraiment qu'être frappé par le fait que les animaux supérieurs, bien que vivant dans un milieu très pauvre en iode, concentrent cet élément dans un organe auquel on attribue précisément un rôle régulateur sur les oxydations : la glande thyroïde.

Il était donc naturel d'appliquer notre technique à cet organe. Les essais ont donné des résultats assez nets, mais l'interprétation correcte en est difficile, en raison de la composition fort complexe de la matière mise en œuvre. Nous nous proposons, avant d'en faire état, d'expérimenter d'abord sur la thyroxine de Kendall, que nous n'avons pas encore réussi à nous procurer.

On nous permettra, en terminant, de souligner le fait que notre hypothèse nous a permis de passer, sans transition, des phénols à une classe d'antioxygènes d'une nature essentiellement différente : l'iode et ses composés. Cette observation est de nature à donner une grande force à la théorie.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'hydrolyse du maltose par l'extrait de malt.* Note de M. L. MAQUENNE.

Les recherches que nous avons poursuivies, M. Roux et moi, sur la saccharification diastasique de l'empois d'amidon nous ont amenés à conclure que, sous l'action d'un extrait de malt excité, cette substance se transforme à peu près intégralement en maltose, nous appuyant sur ce fait que le pouvoir réducteur de la solution tend vers celui qui correspond à une maltosification totale; nous avons écarté l'hypothèse d'une hydrolyse subséquente du maltose formé parce que nous n'avons pu déceler dans nos liqueurs saccharifiées la présence du glucose et aussi parce que, de l'avis général d'alors, le malt d'orge ne renferme pas de maltase (1).

C'est sur ce dernier point qu'il convient de faire quelques réserves; je m'en suis aperçu en terminant le travail que je viens de rappeler et je me suis toujours proposé de poursuivre l'étude de cette question, qui alors m'intéressait vivement; je n'en ai pas trouvé le loisir et aujourd'hui il est trop tard pour la reprendre. Néanmoins, comme on s'en occupe de différents côtés, il me paraît bon, les circonstances leur redonnant ainsi une certaine actualité, de publier les quelques observations que j'ai pu faire sur ce sujet à la fin de l'année 1906; si incomplètes qu'elles soient, elles me semblent assez démonstratives pour être prises en considération et servir de guide à une recherche ultérieure.

Les expériences qui suivent ont été faites avec un extrait de malt à 10 pour 100 (100g de malt en poudre pour 1 litre d'eau pendant 1 heure, à froid et sous fréquente agitation), légèrement activé par un repos de 24 heures à la température ordinaire, en présence de toluène comme antiseptique.

Dans la moitié du liquide ainsi obtenu on dissolvait un peu moins de 0,5 pour 100 de maltose pur (0g,478 dans 100cm³ pour la première expérience et 0g,438 pour la seconde), et de chacune de ces deux liqueurs on faisait trois parts qui étaient conservées simultanément, toujours en présence de toluène, à 15°, 50° et 60°, et dont on déterminait le pouvoir réducteur après un, deux, trois, quatre et six jours. Ce pouvoir réducteur est exprimé dans les tableaux suivants par le volume de permanganate qu'il a fallu employer dans le dosage (procédé Mohr-Bertrand); de sa valeur on peut, dans chaque cas, déduire par le calcul la proportion du maltose ajouté au malt qui a été

(1) *Comptes rendus*, t. 142, 1906, p. 124, 1059 et 1387.

hydrolysé sous son influence, en admettant que le produit de cette hydrolyse est uniquement formé de glucose, et que le rapport des pouvoirs réducteurs de ces deux sucres est égal à 0,58. Il y a d'ailleurs bien peu de chances pour qu'il se forme ainsi de l'isolmaltose puisque, d'après A. Hill, ce corps n'est stable, en présence de maltase, que dans des liqueurs concentrées.

Dans les deux expériences dont les résultats sont exposés ci-après, on a opéré, soit avec des extraits de malt non dilués, soit, au contraire, avec des extraits étendus de 10 fois leur volume d'eau.

Expérience I.

Extrait de malt à 10 pour 100 non étendu.

	Durée de l'expérience	Origine.	1 jour.	2 jours.	3 jours.	4 jours.	6 jours.
15°	Malt maltosé	99,0	111,5	120,5	127,7	131,7	137,7
	Malt seul	73,3	85,0	91,7	96,5	99,5	103,0
	Différences	25,7	26,5	28,8	31,2	32,2	34,7
	Maltose hydrolysé p. 100.	"	4	17	30	35	48
50°	Malt maltosé	99,0	128,0	134,0	138,2	139,7	142,0
	Malt seul	73,3	93,3	96,0	98,7	100,0	101,5
	Différences	25,7	34,7	38,0	39,5	39,7	40,5
	Maltose hydrolysé p. 100.	"	48	66	74	75	80
60°	Malt maltosé	99,0	107,0	108,7	110,0	110,5	112,0
	Malt seul	73,3	79,5	80,7	82,3	82,5	83,0
	Différences	25,7	27,5	28,0	27,7	28,0	29,0
	Maltose hydrolysé p. 100.	"	10	12	11	12	18

Expérience II.

Extrait de malt à 10 pour 100 étendu de 10 volumes d'eau.

	Durée de l'expérience	Origine.	1 jour.	2 jours.	3 jours.	4 jours.	6 jours.
15°	Malt maltosé	59,30	63,5	67,00	70,0	72,8	76,3
	Malt seul	12,15	14,4	15,65	16,5	16,6	17,0
	Différences	47,15	49,1	51,35	53,5	56,2	59,3
	Maltose hydrolysé p. 100.	"	7	12	19	26	36
50°	Malt maltosé	59,30	69,5	74,50	78,00	80,0	82,50
	Malt seul	12,15	14,5	15,25	15,25	15,0	15,25
	Différences	47,15	55,0	59,25	62,75	65,0	67,25
	Maltose hydrolysé p. 100.	"	23	35	46	53	59
60°	Malt maltosé	59,30	61,5	62,00	62,00	62,0	62,0
	Malt seul	12,15	13,0	13,25	13,25	12,9	13,0
	Différences	47,15	48,5	48,75	48,75	49,1	49,0
	Maltose hydrolysé p. 100.	"	4	5	5	5	5

Ces deux expériences, qui sont absolument concordantes, bien qu'elles aient été faites avec des liqueurs très différemment concentrées, nous montrent d'abord que l'extrait de malt est le siège d'une transformation continue qui en élève graduellement le pouvoir réducteur, jusqu'à une certaine limite qui varie avec la température.

En présence de maltose en excès, le même effet se manifeste, plus intense, ce que prouve l'accroissement des différences observées entre les pouvoirs réducteurs du malt maltosé et ceux du malt normal. Il s'observe déjà à la température ordinaire, paraît atteindre un optimum de vitesse vers 50° et devient à peu près nul dans les solutions étendues à 60°.

Il est donc certain que dans l'extrait de malt maltosé il se forme un nouveau corps dont l'origine est autre que le changement de composition spontané de l'extrait et par conséquent doit être rapportée au maltose additionnel. Il est bien naturel d'admettre, jusqu'à preuve du contraire, que ce nouveau corps est simplement du glucose, dont le pouvoir réducteur est presque double de celui du maltose. L'extrait de malt renfermerait donc, à côté de l'amylase, une petite quantité de maltase, ce qui après tout n'a pas lieu de nous surprendre, puisque cet enzyme existe normalement dans d'autres graines que l'orge, en particulier dans le maïs et dans le sarrazin.

Cette hypothèse a d'ailleurs été formulée déjà par différents auteurs, en dernier lieu par Lintner, dans une Communication toute récente insérée dans le *Zeitschrift für angewandte Chemie*. L'influence déprimante qu'exerce la chaleur sur le phénomène en question vers 60° vient à l'appui de cette manière de voir, qui rendrait compte de certains faits encore inexpliqués qui s'observent au cours de la saccharification diastasique, entre autres de la difficulté de cristallisation du produit.

Jusqu'à quel point cette intervention de la maltase peut-elle influencer les conclusions que nous avons tirées, M. Roux et moi, de notre travail de 1906? Le produit d'hydrolyse de l'amidon par l'extrait de malt activé est-il bien exclusivement formé de maltose comme nous l'avons supposé et comme l'ont admis avec nous MM. Fernbach et Wolff à la même époque [1], sur la foi d'une coïncidence remarquable entre le pouvoir réducteur observé et le pouvoir réducteur théorique des solutions saccharifiées? Sinon, les nombres que nous avons donnés seraient trop forts. Telle est la question que je me suis posée à la suite des expériences dont je viens de faire connaître les résultats et que, ne pouvant plus m'en occuper par moi-même, je dois laisser à d'autres le soin de résoudre définitivement.

---

[1] *Comptes rendus*, t. 142, 1906, p. 1216.

OPTIQUE. — *Sur le perfectionnement du microscope par l'emploi des rayons X.* Note (¹) de M. G. Gouy.

On sait que la diffraction crée une limite infranchissable pour le *pouvoir* du microscope, c'est-à-dire pour la petitesse des derniers détails perceptibles, cette limite étant en raison inverse de la longueur d'onde λ de la lumière employée.

Dès la découverte des rayons X, on remarqua que la diffraction est insensible, mais que cet avantage est annulé par l'absence de réfraction et de réflexion régulières, qui ne permettent pas de produire une image.

La question a changé de face depuis qu'on sait produire des rayons X dont le λ peut atteindre plusieurs dizaines ou plusieurs centaines d'angströms.

De cette grande valeur de λ, il résulte que les inégalités de la surface, conséquences de la structure moléculaire, sont négligeables vis-à-vis de λ.

Considérons, par exemple, des rayons dont le λ vaut 100 angströms, c'est-à-dire 10^{-2} micron, tandis que l'intervalle moléculaire est de l'ordre de 10^{-4} micron. Les inégalités de la surface seront de l'ordre de $\frac{\lambda}{100}$.

Dès lors il n'y a plus de raison pour qu'il ne se produise pas une réflexion régulière.

En effet, M. Holweck a constaté une telle réflexion, pour 100 angströms environ (²).

Ainsi de pareils rayons ont un λ qui est, à la fois, assez grand pour que les lois de l'Optique subsistent, et assez petit pour que, la diffraction étant fort diminuée, le pouvoir optique soit environ 50 fois plus grand qu'avec la lumière.

Supposons que nous construisons un microscope catadioptrique formé de miroirs concaves, comme ceux qu'on a construit effectivement il y a un siècle. Si nous avons réussi à corriger suffisamment les aberrations, l'instrument avec des rayons de 100 angströms, montrera des détails 50 fois plus petits que le meilleur microscope à lumière blanche.

En principe, ce qui précède s'applique aussi bien au microscope ordinaire formé de lentilles.

Il est bien certain, en effet, que si le λ est assez grand pour avoir une

---

(¹) Séance du 12 mars 1923.

(²) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 570.

réflexion régulière, il sera assez grand pour avoir une réfraction régulière.

Il paraît donc que l'emploi des rayons X doit ouvrir au microscope une voie nouvelle, en lui procurant un accroissement de puissance considérable, qui peut aller jusqu'au centuple.

Pour la réalisation de ces avantages, on a le choix entre les lentilles et les miroirs.

Avec les lentilles, il faudrait d'abord trouver des substances appropriées, transparentes pour les rayons X employés.

Avec les miroirs, cette difficulté n'existe pas, mais il est possible que la correction des aberrations soit plus difficile.

L'avantage à attendre est si important, que le problème mérite d'attirer l'attention, puisque c'est la seule voie dans laquelle on puisse espérer un grand accroissement du pouvoir du microscope, résultat de la plus haute importance scientifique.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les systèmes triplement indéterminés de sphères, de cercles et de deux-points.* Note de M. C. **Guichard**.

La théorie des coordonnées pentasphériques de Darboux fait correspondre à chaque droite, située dans un espace d'ordre cinq, une sphère de l'espace ordinaire. A deux droites, ou à toutes les droites d'un un-plan, elle fait correspondre un faisceau de sphères ou encore le cercle commun aux sphères du faisceau. A trois droites non parallèles à un un-plan, ou à toutes les droites d'un deux-plans, elle fait correspondre les sphères d'un réseau ou encore les deux points communs à ses sphères.

Je vais chercher les éléments de l'espace ordinaire qui correspondent aux systèmes triplement indéterminés de droites, de plans et de points d'un espace d'ordre cinq; ces systèmes possédant les propriétés indiquées dans mon Mémoire *Sur les systèmes triplement indéterminés, etc.* (Collection *Scientia*). On voit tout de suite qu'à un système droite correspond un système de sphères; à un système plan, un système de cercles; à un système point un système *deux-points;* ces deux points sont les points communs aux trois sphères qui correspondent aux trois tangentes du système point.

Systèmes sphères. — Soit D une droite qui décrit un système dans un espace d'ordre cinq. A la droite D correspond une sphère S. Soit $M(x_1, x_2, x_3)$ le centre de la sphère; R son rayon. Le point M décrit un système point; les

trois équations de ce système admettent la solution

$$\theta = x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 - R^2.$$

C'est là une propriété caractéristique de ces systèmes de sphères. Si la variable u_1 varie seule, la sphère S touche son enveloppe suivant un cercle C_1 qui est le *premier cercle* focal de S; le plan de ce cercle est perpendiculaire à la première tangente de M; de même si u_2 et u_3 varient seuls, la sphère S touche son enveloppe en deux points I_1, I'_1 qui se trouvent sur les cercles focaux d'ordre 2 et 3. La droite $I_1 I'_1$ est perpendiculaire au premier plan focal de M. Ces points I_1, I'_1 forment le premier *deux-points* focal de la sphère S. On voit facilement que les cercles focaux et les deux-points focaux de la sphère S correspondent respectivement aux plans focaux et aux points focaux de D.

Les trois droites analogues à $I_1 I'_1$ se rencontrent en un point μ qui est le point de rencontre des plans des cercles focaux.

Systèmes cercles. — Soit π un plan qui décrit un système dans un espace d'ordre cinq; à ce plan π correspond un cercle C qui décrit un système cercle. Le plan γ du cercle C décrit un système plan; je désigne par P, Q, R les points focaux de ce plan; de même l'axe Δ du cercle C décrit un système droite; soit Γ_1 le premier foyer de Δ. La sphère qui a pour centre Γ_1 et qui passe par C est la première sphère focale de C; les deux points d'intersection de QR avec le cercle C forment le premier deux-points focal de C. On voit que les sphères focales et les deux-points focaux de C correspondent aux droites focales et aux points focaux du plan π.

Systèmes deux-points. — Soit H un point qui décrit un système dans un espace d'ordre cinq. Il y correspond un deux-points I, I' dans l'espace ordinaire. La droite Δ qui passe par I et I' décrit un système; il en est de même du plan γ mené perpendiculairement à II' en son milieu. En désignant par P, Q, R les points focaux de γ, la première sphère focale de II' est la sphère qui a pour centre P et qui passe par I et I'; le premier cercle focal de I, I' est le cercle qui passe par ces points et qui a pour axe QR.

Loi d'orthogonalité des éléments. — Dans un espace d'ordre cinq, la loi d'orthogonalité des éléments fait correspondre (*loc. cit.*, p. 25) à un système droite, un système droite; à un système plan, un système point et inversement. Il en résulte que dans l'espace ordinaire, à un système de sphères correspond un système de sphères; à un système de cercles, un système de deux-points et inversement.

Je prends le système engendré par la sphère S; la sphère Σ qui a pour

centre le point μ et qui est orthogonale à S est orthogonale à toutes les sphères du système infiniment voisines de S. Cette sphère Σ décrit le système orthogonal à S.

Un deux-points I, I′ et un cercle C décrivent des systèmes orthogonaux si I et I′ sont les pôles du cercle C.

Relativement à ces systèmes on a les résultats suivants :

Si deux systèmes sphères sont orthogonaux, tout cercle focal de l'un est orthogonal au deux-points focal de même rang de l'autre.

Si un système deux-points est orthogonal à un système cercle, toute sphère focale de l'un des systèmes est orthogonale à la sphère focale de même rang de l'autre.

Tout système cercle focal du premier système est orthogonal au deux-points focal de même rang du second système.

Systèmes assemblés. — Aux systèmes assemblés de points, droites et plans dans un espace d'ordre cinq, correspondent des systèmes assemblés de sphères, cercles, deux-points dans l'espace ordinaire. Je vais indiquer rapidement les propriétés de ces systèmes.

Une sphère S et un cercle C décrivent des systèmes assemblés quand C est situé sur S. Pour obtenir les sphères S assemblées à C, on prend sur l'axe Δ du cercle un point P qui décrit un système assemblé à Δ. La sphère qui a pour centre P et qui passe par C décrit un système assemblé à C.

Pour obtenir les cercles C qui décrivent des systèmes assemblés à la sphère S on prend un plan Π associé au système point μ. Le cercle d'intersection de Π et de S décrit un système demandé.

Un des deux points J, J′ et un cercle C décrivent des systèmes assemblés quand J et J′ sont situés sur le cercle. Pour obtenir les points J et J′ quand C est donné, on prend une droite L assemblée au système plan décrit par le plan γ du cercle C; les points d'intersection de L et C donnent les points J et J′.

Pour obtenir les cercles C qui décrivent des systèmes assemblés aux deux points I, I′, on prend le plan γ perpendiculaire au milieu de II′, puis une droite L assemblée au plan γ; le cercle qui passe par I, I′ et a pour axe L est un cercle demandé.

Pour obtenir deux points I, I′ qui décrivent un système assemblé à la sphère S, on prend un plan Q assemblé au système M; I et I′ sont les pôles du cercle d'intersection de Q avec la sphère Σ orthogonale à S.

Pour avoir une sphère S qui décrit un système assemblé à II′ on prend sur la droite Δ qui porte I et I′ un point Q qui décrit un système assemblé

à Δ. La sphère S orthogonale au système T formé par la sphère qui a pour centre Q et qui passe par le cercle C de pôles I et I′ est une sphère demandée.

Remarque. — Je désignerai chaque système de sphères, cercles, deux-points par la même notation que le système situé dans l'espace d'ordre 5 qui sert à le former. Ainsi on aura des systèmes de sphères I, 2I, C, etc., des systèmes de cercles Ω, 2Ω, etc., des systèmes de deux-points O, 2O, etc.

CHRONOMÉTRIE. — *Assemblage de quatre ressorts réglants, produisant un frottement constant et un frottement quadratique.* Note [1] de M. **Jules Andrade.**

La figure ci-après et sa brève légende explicative précisent un assemblage sinusoïdal de deux groupes formés chacun de deux ressorts symétriques travaillant dans le même sens pour les deux ressorts du groupe, mais en sens contraires d'un groupe à l'autre.

Le groupe de ressorts $S_1 S_2$, dans l'oscillation en cours, travaille positivement; le groupe des ressorts $S_3 S_4$ travaille, au contraire, négativement durant cette même oscillation.

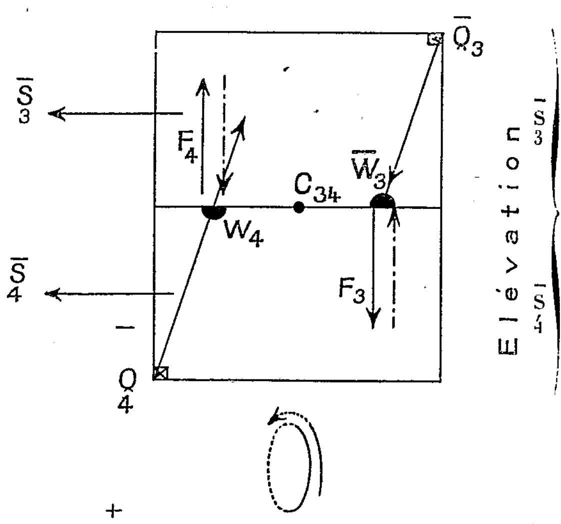
Ici, toutes les forces complémentaires transverses agissant sur les viroles forment des couples purs; les seules forces complémentaires génératrices de frottements sont longitudinales; mais une partie des forces verticales, dessinées en traits pleins, se détruisent; les forces restantes, représentées en traits pointillés, se réduisent à un couple unique, agissant dans le plan longitudinal des quatre viroles; le moment de ce couple a pour valeur

$$\frac{8EI}{R^2 P^3} u^2 h;$$

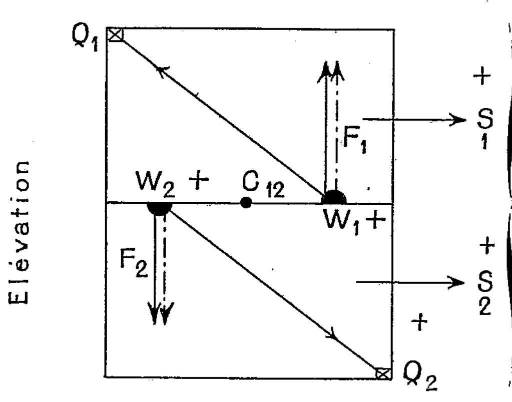
où u désigne l'écart au point mort du balancier; h la hauteur commune des ressorts hélicoïdaux; I le moment d'inertie fléchissante de la section; R le rayon; E l'élasticité et P l'étendue angulaire des quatre ressorts. Le rapport des coefficients du frottement quadratique et du frottement constant fait connaître le décalage nécessaire du centre d'action de l'échappement qui assure l'isochronisme de cet organe réglant, comme je l'ai signalé dans ma dernière Note.

(1) Séance du 5 mars 1923.

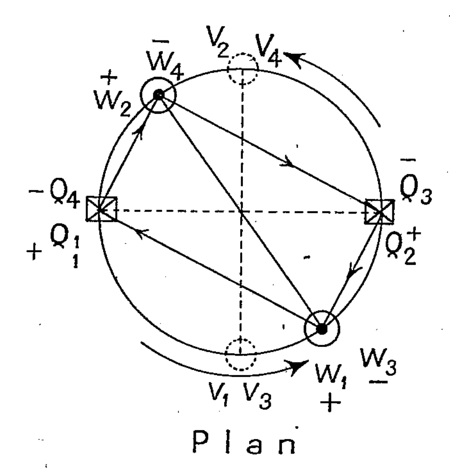
Assemblage sinusoïdal de deux doublets chacun formé de deux ressorts symétriques.



Doublet de spiraux en travail d'ouverture (négatif) durant l'oscillation en cours; d'étendue angulaire $\left(2n+\frac{1}{2}\right)\pi$; symétrique sur C_3C_4.



Doublet de spiraux en travail de fermeture (positif) durant l'oscillation en cours; d'étendue angulaire $\left(2n+\frac{1}{2}\right)\pi$; symétrique sur C_{12}.



Les lettres Q_1, Q_2, Q_3, Q_4 désignent respectivement les pitons des spiraux S_1, S_2, S_3, S_4.

Les lettres V_1, V_2, V_3, V_4 marquent leurs viroles respectives au point mort.

Les lettres W_1, W_2, W_3, W_4 marquent les viroles respectives pour l'écart u du balancier.

L'assemblage de ressorts réglants ci-dessus décrit fait partie d'un ensemble d'organes réglants isochrones dont j'ai déposé la description et les intéressantes propriétés dans une récente demande de brevet.

Le nombre, encore ici considérable de ressorts associés, non plus 8, mais encore 4, indique suffisamment que ces combinaisons ne sauraient intéresser les montres proprement dites; en revanche, j'estime que la construction de *pendulettes de très haute précision* est, dès aujourd'hui, un problème très abordable; l'agrandissement d'échelle peut même ici fournir des avantages pour un réglage thermique de haute précision.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Déshydratation catalytique des alcools par l'acide sulfurique étendu.* Note de M. **J.-B. Senderens**.

I. Dans des Communications précédentes [1], après avoir exposé une méthode de préparation des carbures éthyléniques par l'action de l'acide sulfurique concentré sur les alcools, j'avais conclu de mes expériences que le rôle de cet acide ne consistait pas dans une simple absorption d'eau, mais qu'il intervenait plutôt comme catalyseur. Vis-à-vis des alcools tertiaires l'action catalytique de SO^4H^2 était incontestable puisqu'il suffisait d'en employer 3 à 4 pour 100 par rapport au volume de l'alcool pour le convertir en carbure éthylénique. La même proportion de SO^4H^2 était suffisante pour déshydrater les alcools primaires ou secondaires à point d'ébullition élevé, tandis que pour leurs homologues inférieurs on devait recourir à de plus fortes doses parce que l'ébullition de ces derniers alcools se faisait, avant cette addition, à une température trop basse pour que l'action catalytique pût s'exercer.

S'il en est ainsi, si les fortes doses d'acide sulfurique que réclame la déshydratation de certains alcools servent, non pas à absorber l'eau, mais à élever la température de l'ébullition, on conçoit qu'au lieu de l'acide concentré on puisse employer l'acide sulfurique étendu, pourvu qu'en raison de sa dilution on en prenne les quantités suffisantes pour atteindre la température exigée par la réaction catalytique.

II. Soit l'alcool propylique $CH^3-CH^2-CH^2OH$ (propanol$_1$).

Si l'on chauffe un mélange, à volumes égaux, de cet alcool et d'acide

---

[1] *Comptes rendus*, t. **151**, 1910, p. 392, et t. **154**, 1912, p. 777; *Ann. de Chimie*, 9e série, t. **18**, p. 123.

sulfurique à 66° B., il se produit, dès le début de l'ébullition, une réaction d'une violence extrême. Elle est encore très violente avec un mélange de 75^{cm^3} d'acide et de 100^{cm^3} de propanol$_1$. L'ébullition commence vers 140° avec un dégagement tumultueux de propylène [1] mêlé d'une très petite quantité d'oxyde de propyle, ce qui répond à l'équation

$$(a) \qquad CH^3-CH^2-CH^2OH = CH^3-CH=CH^2+H^2O.$$

Les choses changent lorsque la proportion d'acide 66° B. ne s'élève plus qu'aux 40 ou 45 pour 100 du volume du propanol. Dans ce cas, l'ébullition débute vers 125° et il se fait un dégagement régulier de propylène qui devient abondant vers 135°. En même temps il distille un mélange de propanol et d'oxyde de propyle ou éther propylique, lequel peut atteindre les $\frac{30}{100}$ du propanol employé. On a donc simultanément la réaction (a) et l'équation suivante :

$$(b) \qquad 2CH^3-CH^2-CH^2OH = (CH^3-CH^2-CH^2)^2O+H^2O.$$

C'est le procédé indiqué par Norton et Prescott pour la préparation de l'éther propylique [2].

III. Remplaçons l'acide sulfurique à 66° B. par l'hydrate $SO^4H^2+2H^2O$ qui correspond à SO^4H^2 dissous dans les $\frac{2}{3}$ de son volume d'eau.

Le mélange de 100^{cm^3} de propanol avec 60^{cm^3} de cet hydrate a son point d'ébullition qui ne tarde pas à s'élever à 125° avec un dégagement gazeux comparable à celui que fournissaient les 40^{cm^3} d'acide à 66° B., et un rendement en oxyde de propyle de 38 pour 100 par rapport au propanol employé.

Pour avoir, dès le début, avec l'hydrate $SO^4H^2+2H^2O$ un fort dégagement de propylène, il faut que l'ébullition monte rapidement vers 130°-135° et employer à cet effet un volume de cet hydrate double du volume du propanol. Il se fait encore de l'oxyde de propyle, mais le propylène est le produit principal.

L'hydrate $SO^4H^2+4H^2O$ qui correspond à SO^4H^2 dissous dans les $\frac{4}{3}$ de son volume d'eau, forme avec $\frac{1}{3}$ de son volume de propanol un mélange qui bout vers 125°. Le dégagement gazeux est moins abondant qu'avec l'hydrate précédent, mais on recueille 40 pour 100 d'oxyde de

---

(1) J'ai indiqué (*Comptes rendus*, t. 151, 1910, p. 392) comment par l'addition de sulfate d'alumine anhydre on régularise la réaction de manière à obtenir une production abondante et pratique de propylène.

(2) NORTON et PRESCOTT, *Am. Journ.*, t. 6, p. 241.

propyle par rapport à l'alcool. Cet oxyde diminue au profit du propylène en augmentant la proportion de l'hydrate $SO^4H^2 + 4H^2O$.

IV. Les alcools éthylique, isopropylique, butylique, isobutylique, isoamylique, se comportent comme l'alcool propylique.

Soit, par exemple, l'alcool isoamylique

$$\begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix} \rangle CH - CH^2 - CH^2OH.$$

Un mélange à volumes égaux de cet alcool et de l'hydrate $SO^4H^2 + 4H^2O$ a son point d'ébullition qui s'élève rapidement à 140°. En se maintenant à 145°-150° il distille, avec une certaine quantité d'alcool, un mélange de carbures — amylène et ses produits de condensation — distillant de 20° à 200° et au-dessus.

Si l'on réduit le volume de l'hydrate $SO^4H^2 + 4H^2O$ au cinquième du volume de l'alcool isoamylique — soit 50^{cm^3} d'hydrate pour 250^{cm^3} d'alcool — en élevant rapidement la température vers 130°-135°, une partie A du mélange distille, tandis que l'autre, B, reste dans le ballon.

La partie A se composait d'une couche inférieure d'eau et d'une couche supérieure formée de parties à peu près égales d'amylène et d'alcool isoamylique.

La partie B, neutralisée, décantée et desséchée a laissé 112^{cm^3} qui à la distillation ont donné, avec une petite quantité d'alcool isoamylique et un faible résidu, 75^{cm^3} d'oxyde d'isoamyle bouillant à 170°-172°, soit 30 pour 100 par rapport à l'alcool isoamylique employé.

Ainsi pour ce dernier alcool comme pour l'alcool propylique, selon que l'on prend plus ou moins d'hydrate $SO^4H^2 + 4H^2O$, on a une température d'ébullition plus ou moins élevée, et l'on obtient, comme produit dominant, soit du carbure, soit de l'oxyde.

V. Si l'on en excepte l'alcool éthylique pour lequel l'activité de l'acide sulfurique semble limitée à l'hydrate $SO^4H^2 + 4H^2O$, la dilution peut être poussée jusqu'à $SO^4H^2 + 6H^2O$ (soit SO^4H^2 étendu de deux fois son volume d'eau), et même dans le cas du propanol$_2$, jusqu'à $SO^4H^2 + 9H^2O$ (soit SO^4H^2 dans trois fois son volume d'eau). La réaction, quoique plus paresseuse, donne avec ces hydrates employés en proportions convenables, des carbures ou des éthers-oxydes.

Il est à remarquer que ces proportions vont en diminuant à mesure que le poids moléculaire de l'alcool augmente. C'est ainsi que, pour le même volume d'alcool propylique et d'alcool isoamylique, les quantités d'hydrate

$SO^4H^2 + 4H^2O$ capables de donner l'éther-oxyde sont plus de 10 fois plus fortes pour le premier de ces alcools que pour le second.

VI. On arrive donc par l'action des hydrates sulfuriques sur les alcools à une préparation très simple de leurs éthers-oxydes. D'après Norton et Prescott (*loc. cit.*) l'acide sulfurique concentré, si l'on en excepte l'oxyde de propyle, serait impropre à ce genre de préparation et l'on semblait avoir adopté leur opinion. Mais c'est là, comme je le montrerai, une opinion erronée qui paraît s'expliquer par les doses trop fortes d'acide mises en réaction, doses qui conviennent dans le cas de l'alcool éthylique mais qu'avec l'acide sulfurique concentré comme avec ses hydrates il faut diminuer à mesure que le poids moléculaire de l'alcool augmente.

GÉOLOGIE. — *Le sondage pétrolifère de Crouelle, près de Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme).* Note de M. **Ph. Glangeaud**.

Le sondage pétrolifère, entrepris dans la Limagne sous la direction de M. Termier, apporte des éléments importants à la solution de la question des gisements de pétrole dans cette région. Ce sondage est situé entre *deux volcans oligocènes*, qui comptent parmi les plus vieux du Massif Central : d'une part, le Puy de Crouelle, enseveli sous des sédiments oligocènes, puis exhumé par l'érosion, qui a conservé une si belle fraîcheur de formes qu'on l'avait cru jusqu'ici d'âge quaternaire; d'autre part, le célèbre Puy de la Poix, racine d'un volcan comme Crouelle, aujourd'hui modeste butte de quelques mètres de haut, à la base de laquelle émerge du bitume, de l'eau salée et de l'acide sulfhydrique. J'ajouterai, et le fait est d'importance, que le bitume monte jusqu'au sommet de Crouelle à 80^m au-dessus de la plaine, ce qui indique une forte pression interne, en grande partie due à des gaz.

Voici les résultats de ce sondage de prospection : après avoir traversé, sur 3^m, cette *terre noire* si fertile de la Limagne, qui à beaucoup d'égards est un véritable *tchernozium*, la sonde coupa une nappe *d'alluvions sableuses* ($2^m,50$) avec cendres volcaniques de la Chaîne des Puys et galets surtout basaltiques, correspondant à *la basse terrasse* de l'Allier avec faune du Mammouth et du Renne. Les couches oligocènes suivantes furent ensuite rencontrées.

De $3^m,50$ à $12^m,20$, marnes verdâtres et argiles sableuses à *Cypris*.

De 12^{m},20 à 400^{m}, il y eut une succession d'argiles, de marnes grises, vertes, noirâtres, compactes et schisteuses, parfois bitumineuses (dont beaucoup de niveaux étaient fortement micacés), alternant avec des bancs assez épais de calcaires et de calcaires marneux; le tout entremêlé de lits multiples, feuilletés à *Cypris faba* et à *nombreux débris végétaux* indéterminables. Il faut noter, à 130^{m}, un niveau à *Nystia Duchastelli*.

A 160^{m} on observa, pour la première fois, une odeur de pétrole, un dégagement de gaz carburés et d'H^2S, qui furent plus abondants à 275^{m}, niveau où apparurent les premières gouttes d'huile.

Les sédiments ont offert, *en général, jusqu'au fond du sondage*, l'odeur de pétrole et d'H^2S, parfois très forte et pénible. Ils sont donc dans l'ensemble *imprégnés de carbures* et présentent une *série de petits niveaux huileux*. Les couches supérieures du sondage sont régulières et n'ont qu'un pendage de quelques degrés, mais sont intéressées par de petites failles secondaires, obliques ou verticales, quelquefois imprégnées d'huile. A 800^{m} le pendage a augmenté peu à peu et atteint 25°. De 400^{m} à 490^{m}, on a surtout des calcaires compacts et des calcaires marneux avec quelques niveaux huileux.

Couches à anhydrite avec intercalation de niveaux d'eau douce. — A partir de 490^{m} *un changement important se produit dans la sédimentation*, car on observe, pour la première fois, en Limage, l'apparition, d'abord de cristaux isolés d'*anhydrite* au milieu de marnes, de calcaires marneux ou de calcaires, puis de petits lits ondulés, ou de lentilles de même substance, d'épaisseur variable : de 1^{cm} à 15^{cm}, atteignant rarement 25^{cm}.

Le dépôt d'anhydrite se poursuit irrégulièrement, mais d'une façon continue jusqu'à 756^{m}, c'est-à-dire sur une hauteur de 266^{m}.

L'épaisseur totale de l'anhydrite est d'environ 40^{m}. J'ai observé quelques rares lits gypseux. L'*anhydrite* est associée fréquemment à des *noyaux calcédonieux* (se résolvant en *quartzine* et *calcédonite*), et, en plusieurs points, à des îlots de *soufre*, jaune ou brunâtre.

L'ensemble des dépôts, jusqu'à 756^{m}, n'est pas uniquement lagunaire ou saumâtre, car j'ai noté à *plusieurs niveaux* des *intercalations* de *couches d'eau douce* à Cypris, Insectes d'eau douce et Planorbes. C'étaient là d'*excellentes conditions* pour la formation du pétrole.

De 575^{m} à 596^{m} calcaires, marnes et argiles schisteuses avec ailes de *Libellules* et un grand nombre de *Nèpes* (dépôt d'eau douce).

De 596^{m} à 597^{m},50, niveau intéressant de marnes et de calcaires fortement imprégnés d'huile, d'où venait un abondant dégagement de gaz inflammables. On recueillit là environ une *tonne d'une huile lourde*, à odeur

forte, d'une densité de 0,965 et d'une teneur en soufre de 9,3 pour 100 (analyse due à M. Fric).

A 270°, cette huile donne 16,5 pour 100 de produits volatils qui seront étudiés ailleurs. La densité et la sulfuration sont en réalité moins élevées, car il y eut départ des produits volatils en cours de route.

De 597^m,50 à 614^m, marnes et calcaires marneux à anhydrite.

De 614^m à 620^m, niveau d'eau douce, comprenant des marnes compactes et schisteuses, avec débris de végétaux : Nèpes, *Planorbis rotundatus*, etc.

De 620^m à 745^m, calcaires marneux alternant avec des marnes et des argiles schisteuses, nombreuses lentilles d'anhydrite avec noyaux calcédonieux. Beaucoup de débris de plantes, plusieurs petits niveaux huileux gîtés dans des calcaires.

Couches à poissons sans anhydrite. — De 747^m,50 à 835^m,50, couches à poissons, sédiments *sans anhydrite*. Beaucoup d'argiles et de marnes compactes, avec toujours débris de végétaux et abondance de *Cypris* et poissons assez nombreux. Plusieurs niveaux huileux dans des calcaires intercalés. A 778^m, marnes avec *Éosphéromidé lagunaire*.

A 808^m, une vidange du sondage donna 1200^l d'huile et beaucoup de gaz inflammables. A 825^m, marnes bitumineuses avec végétaux et Nèpes. Entre 827^m et 842^m, les sédiments renferment de nouveau un peu d'anhydrite qui disparaît ensuite complètement.

De 842^m à 849^m,50, calcaires très fortement *imprégnés d'huile*, puis 0^m,50 d'argiles schisteuses à végétaux et poissons.

On rencontra ensuite le *premier niveau sableux* (de 850^m,50 à 850^m,90) constitué par des sables quartzeux, un peu calcaires, *complètement imprégnés d'une huile* de couleur jaune brun, d'odeur agréable.

De 850^m,90 à 856^m,30, argiles, marnes et calcaires marneux micacés à poissons et végétaux, un niveau huileux avec gaz. On tuba jusqu'à 827^m,60 et l'on mit un bouchon de 16^m d'argile et de sable sur le fond du trou (de 840^m à 856^m,30), bouchon qui isolait les niveaux inférieurs sableux, huileux. Le sondage fut arrêté à 856^m,30.

La vidange du trou était en bonne voie lorsqu'un accident fâcheux, dû probablement à une poussée du gaz, vint écraser le tubage à partir de 787^m. Malgré cet état de choses des plus défavorables, le niveau de l'eau dans le trou étant maintenu à 785^m, on recueillit environ 700^l d'huile en quelques jours, huile qui filtrait à travers le tubage écrasé et provenait uniquement des petits niveaux compris entre 827^m et 840^m (partie non tubée).

L'accident ne put se réparer et l'on ignorerait la valeur du seul niveau

huileux sableux du sondage, qui était bloqué par une colonne d'eau de 12^{atm}, un tubage écrasé et un bouchon argileux si l'on n'avait pu faire d'observations sur les carottes.

Un essai d'extraction a montré que le sable renfermait plus de 22 pour 100 d'huile sur $0^m,40$ de haut. En n'admettant que $0^m,10$ de hauteur pour les autres petits niveaux entre 840^m et 856^m, on peut déduire *la valeur réelle du gisement pétrolifère précité correspondant à un hectare de superficie.* Elle est égale à

$$10000^{m^2} \times 0,50 \times 0,22 = 1100^l \text{ d'huile.}$$

Bien que le sondage de Crouelle n'ait pu être mené à bonne fin, à cause de l'accident signalé ci-dessus, aucune recherche n'a donné jusqu'ici, en Limagne, de résultats aussi importants et aussi encourageants.

Conclusions. — Si l'on tient compte des données précédentes et de celles qui étaient déjà acquises au point de vue géologique, on peut tirer les conclusions suivantes :

1° Les dépôts traversés par le sondage que je classe provisoirement dans le Sannoisien supérieur, le Stampien inférieur et moyen, comprennent une *série alternante* de couches d'eau douce, d'eau saumâtre et lagunaire (couches à anhydrite) rappelant à beaucoup d'égards l'oligocène de Pechelbronn.

Les conditions de sédimentation, l'extrême abondance de certains éléments organisés (Cypris, végétaux) ont donc été *favorables à la formation du pétrole*, soit dans les milieux d'eau douce, dans les milieux halogènes, ou à leur limite.

2° Le niveau sableux de 856^m n'est, très vraisemblablement, que l'*amorce* d'un *faciès sableux*, gréseux ou arkosique, qui se poursuit plus profondément jusqu'à environ 1100^m-1200^m et que l'on rencontrera seul, ou associé à des marno-calcaires avec d'autres niveaux pétrolifères plus importants. C'est cet ensemble de couches, d'âge *Sannoisien supérieur*, peut-être *Stampien inférieur*, qui a préludé au remplissage de la *fosse synclinale*, puis *tectonique* de la Limagne.

3° De nouvelles recherches seraient probablement plus efficaces dans les territoires où les niveaux sableux ou gréseux existent, non seulement dans le Sannoisien, mais en *intercalation* dans le Stampien inférieur et moyen.

4° Le sondage a rencontré quelques *nappes d'eau salée* peu importantes. Mais un fait nouveau que je tiens à mettre en lumière est que *tous les sédiments sont actuellement salés*, depuis presque la surface du sol jusqu'à la base du sondage. M. Fric a observé que la teneur en NaCl varie de $1^g,4$ à 3^g,

dans les couches à anhydrite à 4^g, 5^g, etc., jusqu'à 24^g par kilogramme de sédiment, dans les autres couches, qu'elles soient d'eau douce ou saumâtres. L'eau salée a donc migré dans l'ensemble du synclinal.

5° *Le pétrole* aussi a migré partiellement avec *les gaz* carburés et H^2S *très abondants* qui l'accompagnent sur presque toute la hauteur du synclinal, en imprégnant irrégulièrement les sédiments; mais cette migration qui s'est faite par des failles secondaires et par capillarité n'est pas si considérable dans l'ensemble qu'on pourrait le supposer. Le faciès des couches oligocènes du sondage de Crouelle est donc actuellement *salifère* et *pétrolifère*.

M. Laubeuf fait hommage à l'Académie :

1° D'une brochure contenant le discours qu'il a prononcé comme président de la Société des Ingénieurs civils sur l'*Évolution de la construction des navires de guerre et de commerce dans les trente dernières années*.

2° D'un volume intitulé : *Sous-marins, torpilles et mines*, écrit en collaboration avec M. Stroh, ingénieur principal de la marine.

Ce livre fait partie de la collection de l'Encyclopédie de Mécanique publiée par la librairie J.-B. Baillière, sous la direction de M. Lecornu, membre de l'Institut.

Les auteurs ont réuni un grand nombre de renseignements sur les différents types de sous-marins, de torpilles et de mines. Ils se sont efforcés de mettre leur ouvrage au courant des modifications apportées dans le matériel naval par les enseignements de la guerre. Ils ne se flattent aucunement d'avoir dit tout ce qu'il y avait à dire : le champ est beaucoup trop vaste pour cela. Tel qu'il est, cet ouvrage pourra indiquer aux ingénieurs où en sont actuellement les solutions proposées aux nombreux problèmes soulevés.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Associé étranger, en remplacement de S. A. S. le prince *Albert de Monaco*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 55,

M. Emanuele Paternò	obtient	. . . .	52 suffrages
M. Winogradsky	»	. . . .	2 »
M. Ramon Cajal	»	. . . .	1 suffrage

M. **Emanuele Paternò**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

NOMINATIONS.

M. **Émile Picard** est désigné pour représenter l'Académie aux fêtes du *Tricentenaire de Pascal* qui seront célébrées, à Clermont-Ferrand, le 8 juillet.

M. **Laubeuf** est désigné pour représenter l'Académie à la célébration du 75e anniversaire de la Société des Ingénieurs civils, les 4, 5 et 6 mai.

CORRESPONDANCE.

M. **Jules Bordet**, élu Associé étranger, adresse des remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Le Principe de la Relativité*. Première Partie : *Relativité restreinte*, par Lou Kao, directeur de l'Observatoire central de Pékin. (Présenté par M. E. Borel.)

2° *L'atmolyse et ses applications*, par Louis Martin. (Présenté par M. Henneguy.)

3° Charles Frémont. *Le marteau. Le choc. Le marteau pneumatique*. (Présenté par M. Lecornu.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques points d'Analyse fonctionnelle.* Note de M. **Georges Bouligand**, présentée par M. Goursat.

Dans ses belles et récentes *Leçons d'Analyse fonctionnelle*, page 19, M. Paul Lévy a signalé l'intérêt qui s'attache à chercher dans quelles conditions l'extension du champ où une fonctionnelle est définie influence son mode de continuité. Étant donnée une fonctionnelle définie dans le champ des fonctions p fois dérivables, et dans ce champ seulement, peut-il arriver qu'elle possède une continuité d'ordre $q < p$? Peut-il arriver qu'elle soit continue d'ordre $p+1$, sans posséder la continuité d'ordre p? Pour abréger, je désignerai les deux questions précédentes par (a) et (b), dans l'ordre indiqué.

J'ai montré d'abord que les éventualités signalées dans les énoncés des questions (a) et (b) peuvent se produire. Commençons par la question (b). Pour toute fonction $y(x)$ de l'intervalle 0, 1, on peut définir une borne supérieure L (finie ou non) des longueurs des lignes polygonales, dont les sommets successifs ont pour coordonnées $[x_i, y(x_i)]$, x_i étant l'un des nombres de la suite croissante

$$0, x_1, x_2, \ldots, x_{n-1}, 1.$$

La fonctionnelle $\frac{1}{L}$, définie sans restriction, ne possède pour les fonctions $y(x)$, qui offrent la *particularité* d'avoir une dérivée continue, que *la continuité d'ordre un*. Ce sont ces fonctions exceptionnelles (en dépit de leur caractère usuel de priorité) qui infirment cet énoncé, séduisant au premier abord, suivant lequel l'ordre de la continuité ne saurait surpasser l'ordre de dérivabilité requis pour l'existence de la fonctionnelle. Pour les fonctions qui annulent $\frac{1}{L}$, on déduit de la semi-continuité que la fonctionnelle $\frac{1}{L}$ est continue d'ordre zéro.

Pour la première question (a), il suffit de considérer des intégrales de la forme

$$U = \int_0^1 x^p y^{(p)} dx,$$

susceptibles d'être transformées par une intégration par parties. On fera l'hypothèse que l'égalité précédente possède le *pouvoir exclusif* de définir U.

Dès lors, U n'est définie que dans le champ des fonctions *p fois dérivables*. (Il suffit d'ailleurs d'énoncer cette condition si l'on prend l'intégrale au sens de M. Denjoy.) Mais alors U est continue d'ordre zéro.

Un autre exemple du même ordre est fourni par la notion de *flux :* un champ vectoriel étant donné, le flux de ce champ à travers une portion de surface n'est défini, d'une manière classique, que si la surface possède en chaque point un plan tangent. Or, si l'on regarde la surface comme variable, la formule de Green assigne au flux la continuité d'ordre zéro (pourvu que la divergence du champ existe et soit continue).

Toutefois, les exemples donnés à l'occasion de la question (*a*) n'infirment pas, d'une manière réelle, l'énoncé suivant :

Le champ d'extension est soumis à un ordre de dérivabilité qui ne surpasse pas l'ordre de continuité.

En effet, tous ces exemples sont fondés sur des délimitations arbitraires du champ d'extension de la fonctionnelle correspondante. La fonctionnelle qui intervient dans chacun d'eux peut être prolongée au delà du champ initial où elle était primitivement définie.

Je démontre alors le théorème suivant :

Si la fonctionnelle

$$U|[\overset{1}{\underset{0}{x}}]|$$

est définie dans le champ des polynomes, et y possède la continuité uniforme liée au voisinage uniforme d'ordre p, on peut l'étendre (en sauvegardant cette même continuité) à toutes les fonctions $y(x)$ $[0 \leqq x \leqq 1]$, *possédant une dérivée partout continue d'ordre p.*

Le principe de la démonstration est exactement celui qui permet, en Analyse ordinaire, d'étendre à la totalité du domaine réel, la définition d'une fonction, donnée initialement pour les valeurs rationnelles de la variable.

Il convient de remarquer en outre que ce sont MM. Lebesgue et Denjoy qui les premiers ont abordé le problème de *l'extension d'une fonctionnelle*, dans le cas particulier de l'intégrale. M. Lebesgue a opéré cette extension en définissant le champ des fonctions qui sont *sommables*, et M. Denjoy l'a complétée en construisant la notion de fonction *totalisable*, qui coïncide avec la notion de fonction dérivée la plus générale.

NOMOGRAPHIE. — *Sur la théorie générale de la représentation des équations au moyen d'éléments mobiles.* Note de M. **W. Margoulis**, présentée par M. M. d'Ocagne.

Les principaux types connus d'abaques comprennent un plan mobile, dont les tracés se réduisent presque exclusivement à des droites non cotées, de sorte que les équations représentées ne constituent qu'une faible partie de toutes celles que l'emploi de systèmes cotés ou non cotés quelconques permettrait de résoudre.

Je me propose d'examiner, d'une façon générale, les formes des équations susceptibles d'être traduites par des abaques et je montrerai que *toutes* ces équations peuvent être ramenées à une forme unique, dont on pourra déduire directement la structure géométrique et le tracé de l'abaque. En effet, pour qu'une équation

$$\Phi(z_1, \ldots, z_n) = 0 \tag{1}$$

soit représentable par un abaque, il faut qu'elle puisse être mise sous la forme

$$F(M, N, z_n) = 0 \tag{2}$$

ou qu'elle résulte de l'élimination de paramètres et de variables communes entre des équations de la forme (2).

M et N sont des fonctions des variables $z_1, \ldots, z_{n-1}$ et des paramètres; elles dépendent du système des coordonnées adopté, du nombre des plans et du nombre de degrés de liberté entre ces plans. J'ai adopté des coordonnées cartésiennes rectangulaires, mais il est évident que toute équation pourra être représentée sous la même forme en utilisant un système quelconque de coordonnées; seulement les fonctions M, N et la façon de dissocier dépendront du système des coordonnées.

Dans cette Note je n'examinerai que le cas de deux plans, en commençant par les ABAQUES A CONTACTS PONCTUELS.

1. *Équations représentables sans dissociation.* — Les expressions des fonctions M et N de l'équation $F(M, N, z_9) = 0$, dans le cas plus général de trois degrés de liberté, seront :

$$\left\{\begin{array}{l} M = f_{12} - (f_{34} + f_{56}) \sin(f_7 + f_8) + (g_{34} + g_{56}) \cos(f_7 + f_8), \\ N = g_{12} + (f_{34} + f_{56}) \cos(f_7 + f_8) + (g_{34} + g_{56}) \sin(f_7 + f_8). \end{array}\right. \tag{3}$$

D'après la théorie morphologique de M. d'Ocagne, la structure géométrique et le mode d'emploi de cet abaque s'énoncent comme suit :

$$\text{(A)} \qquad P'_{34} \rightleftarrows P_{12}, \quad P'_{\infty}(D_7) \mapsto D_8, \quad P'_{56} \mapsto L_9.$$

On obtiendra toutes les autres expressions de M et N, correspondant à un nombre inférieur de degrés de liberté, en annulant dans les relations (3) les termes représentant les degrés de liberté supprimés.

2. *Équations représentables par dissociation au moyen de paramètres.* — On obtient des abaques à 1, 2 ou 3 degrés de liberté entre les plans, en éliminant 1, 2 ou 3 paramètres entre 2, 3 ou 4 équations, dans lesquelles les fonctions M et N comprennent des termes correspondant à 1, 2 ou 3 degrés de liberté.

Ainsi l'abaque à 3 degrés de liberté résultera de la dissociation de la proposée en quatre équations de la forme (2) par l'introduction de 3 paramètres, en posant dans les relations (3)

$$f_{12} = f(\zeta, \zeta'), \qquad f_{34} = 0, \qquad f_7 + f_8 = \zeta'', \qquad g_{12} = g(\zeta, \zeta'), \qquad g_{34} = 0.$$

3. *Équations représentables par dissociation au moyen de paramètres et de variables communes.* — La forme de M et N sera celle étudiée ci-dessus; seulement certains paramètres seront remplacés par des variables communes et le nombre d'équations dissociées est réduit du nombre des variables communes (*voir* mon abaque, *Convoi remorqué par une locomotive*, dans le numéro du 26 juin 1922 des *Comptes rendus*).

Abaques à contacts tangentiels. — En ce qui concerne la structure géométrique de ces abaques, on obtiendra tous les types possibles en substituant dans les abaques à contacts ponctuels à chaque contact, constitué par une ligne et un point, un contact entre deux lignes; ce qui revient à remplacer chaque réseau en contact avec un faisceau, par un autre faisceau.

Quant aux équations représentables par ces abaques, il est facile de voir que l'abaque à contacts tangentiels $P'_{34} \rightleftarrows P_{12}$, $P'_{\infty}(D_5) \mapsto D_6$, $L'_7 \mapsto L_8$, correspondant à l'abaque (A), représente une équation

$$\text{(4)} \qquad G(z_1, \ldots, z_8) = 0$$

résultant de l'élimination des paramètres x, y, ζ et ζ' entre les équations

$$\text{(5)} \qquad F[f_{12} - (f_{34} + f_{\zeta\zeta'}) \sin f_{56} + (g_{34} + g_{\zeta\zeta'}) \times \cos f_{56},\ g_{12} + (f_{34} + f_{\zeta\zeta'}) \cos f_{56} + (g_{34} + g_{\zeta\zeta'}) \sin f_{56},\ z_8] = 0,$$

$$\text{(6)} \qquad x = -(f_{34} + f_{\zeta\zeta'}) \sin f_{56} + (g_{34} + g_{\zeta\zeta'}) \cos f_{56},$$

$$\text{(7)} \qquad y = \quad (f_{34} + f_{\zeta\zeta'}) \cos f_{56} + (g_{34} + g_{\zeta\zeta'}) \sin f_{56},$$

$$\text{(8)} \qquad \Phi(\zeta, \zeta', z_7) = 0,$$

$$\text{(9)} \qquad \frac{F'_x}{F'_y} = \frac{\Phi'_x}{\Phi'_y},$$

où F'_x, Φ'_x et F'_y, Φ'_y sont les dérivées par rapport à x et y des équations (5) et (8)

$$F(x, y, z_8) = 0 \qquad \text{et} \qquad \Phi(x, y, z_7) = 0,$$

cette dernière s'obtenant par l'élimination de ζ et ζ' entre les équations (6), (7) et (8).

Il y a lieu de remarquer que l'abaque à contacts tangentiels de l'équation (4) constitue un cas particulier de l'abaque à contacts ponctuels des équations (5) et (8), correspondant à la solution des questions de maxima ou de minima de z_7 ou z_8.

C'est justement en vue de la recherche de certains maxima ou minima dans des problèmes relatifs à l'Aviation, que j'ai été amené à établir plusieurs abaques à contacts tangentiels. Ainsi mon *Abaque général pour l'établissement d'un projet d'avion ou d'hélicoptère* (voir ma Note à l'Académie, citée ci-dessus) constitue dans certains cas un abaque *mixte* à deux contacts tangentiels et un contact ponctuel.

Méthode générale de construction. — L'abaque de l'équation générale, représentable sans dissociation, comprend un *fond* sur lequel, dans un système d'axes OXY, après élimination de z_1 et z_2 entre les équations $x = f_{12}$, $y = g_{12}$, on trace le réseau (z_1, z_2) ainsi que le faisceau (z_9) et le faisceau de droites (z_7), dont les coefficients angulaires sont égaux à f_7. Le *transparent* porte dans un système d'axes O_1XY les réseaux (z_3, z_4) et (z_5, z_6), tracés au moyen des relations $x = -f_{34}$, $y = -g_{34}$ et $x = f_{56}$, $y = g_{56}$, ainsi que le faisceau de droites (z_8), dont les coefficients angulaires sont égaux à f_8.

Pour les équations représentables par dissociation, on procédera de même pour chaque équation dissociée, en utilisant sur le fond et sur le transparent un système unique d'axes.

MÉCANIQUE. — *Sur le problème des n corps en relativité.* Note de M. **J. Haag**, présentée par M. Émile Borel.

Je voudrais simplement signaler une erreur ([1]) à laquelle on se laisse entraîner assez naturellement, quand on n'est pas très familiarisé avec la Mécanique relativiste. Se guidant sur une analogie trompeuse de la Mécanique classique, on écrit séparément les équations de chaque corps dans le

([1]) Je l'ai commise moi-même dans le troisième paragraphe de ma Note du 15 janvier 1923. Mais cela tient à ce qu'en réalité mon approximation ne dépassait pas l'approximation newtonienne, ainsi que l'a montré M. Chazy (*Comptes rendus*, t. **176**, 1923, p. 285), à peu près au moment où je m'en apercevais moi-même. Dans une Note du 22 janvier, M. Levinson la commet également, bien qu'il paraisse avoir eu l'intention de traiter le problème rigoureusement. Il écrit, en effet, les équations de la géodésique décrite par chaque corps, au moyen du ds^2 des $n - 1$ autres. J'observe également, à propos de cette même Note, que la correspondance entre les n géodésiques n'est pas entièrement déterminée; il resterait à fixer l'origine des arcs sur chacune de ces lignes. Il me semble, d'ailleurs, que le problème ne peut être posé, ainsi que je l'ai fait ressortir dans le premier paragraphe de ma Note précitée, qu'en choisissant au préalable un système de coordonnées déterminé. La gravitation elle-même est fonction de ce système.

champ gravifique créé par les $n - 1$ autres. Autrement dit, chaque corps joue successivement le rôle de *corps d'épreuve* (¹). Or ceci n'est légitime qu'à condition de s'en tenir à l'approximation newtonienne. Si l'on se reporte, en effet, à la solution approchée donnée par M. de Sitter (²), on constate d'abord, bien entendu, que le ds^2 contient des termes provenant de tous les corps du système, même si l'on s'en tient à l'approximation newtonienne. Quand on écrit ensuite les équations différentielles du mouvement d'un des n corps, la plupart des termes contenant la masse de ce corps disparaissent. Il en est ainsi, en particulier, de tous les termes newtoniens. Mais il subsiste néanmoins des termes du second ordre, que l'on ne saurait pas plus négliger que les termes du même ordre provenant des autres corps.

TOPOGRAPHIE. — *Sur un procédé, considéré comme nouveau, de représentation stéréoscopique des surfaces topographiques.* Note de M. **Henry Hubert.**

Dans une Communication récente (³), M. G. Poivilliers signale comme nouveau un procédé pour la représentation stéréoscopique des surfaces topographiques.

On trouvera ce procédé déjà décrit par moi dans une Note (⁴) présentée à l'Académie en 1917. J'ai eu l'occasion de faire par la suite une Communication sur le même sujet, à la Société géologique de France (⁵) et dans le *Bulletin du Comité d'Études historiques et scientifiques de l'Afrique occidentale française* (⁶). Ce dernier travail comporte une nouvelle description du procédé et une carte stéréoscopique donnant à la fois le relief et la nature lithologique des formations des environs de Gaoua (Haute-Volta).

Afin d'établir qu'il s'agit bien du même procédé que celui indiqué par M. G. Poivilliers, je crois utile de rapprocher ici les deux phrases les plus caractéristiques des deux textes.

En 1920, j'écrivais : « En résumé, pour obtenir un dessin comme celui représenté ci-contre, il a suffi :

A. De calquer la projection orthogonale originale en déplaçant systématiquement

(¹) Cf. Brillouin, *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 1009.
(²) *Monthly Notices*, décembre 1916, p. 155.
(³) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 237-238.
(⁴) *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 1059-1060.
(⁵) *Compte rendu sommaire des séances de la Soc. Géol. de Fr.*, 1920, p. 14.
(⁶) 1920, p. 327 et suiv.

vers la gauche le calque parallèlement à lui-même de $\frac{1}{10}$ de millimètre pour chaque courbe;

B. De faire un cliché réduisant à la grandeur de la plaque stéréoscopique la projection originale (image pour l'œil droit) et le calque A (image pour l'œil gauche). »

En 1923, M. G. Poivilliers écrit : « La projection A est la carte proprement dite...; la projection B est obtenue, en partant de A, par un décalage successif des courbes de niveau proportionnellement à leur différence d'altitude par rapport à un plan de comparaison arbitrairement choisi; ce décalage était effectué dans une direction fixe choisie comme direction de base. »

Ainsi le principe et les applications du procédé décrit ne sont pas nouveaux; ils datent de 1917, époque à laquelle j'ai commencé à établir ainsi des cartes géologiques et hydrologiques, et à figurer des séries de profils destinés à être vus l'un derrière l'autre. J'ai d'ailleurs employé un dispositif beaucoup plus simple que celui décrit par M. G. Poivilliers, puisque le calque à courbes décalées était obtenu avec un petit compas-balustre à ressort d'un modèle courant.

ÉLECTRICITÉ. — *Les fours à induction à haute fréquence.* Note [1] de M. **R. Dufour**, présentée par M. J.-L. Breton.

Le principe des fours à induction faisant l'objet de la présente Note consiste en l'utilisation de la chaleur dégagée par les courants induits au sein d'une masse métallique à fondre, ou dans un creuset conducteur (graphite, ou charbon de cornue) qui fonctionne alors comme le secondaire en court circuit d'un transformateur haute fréquence.

La réalisation du four à induction à haute fréquence a suscité un certain nombre de recherches expérimentales, et de travaux théoriques [2] dans le but de déterminer les meilleures conditions à remplir pour obtenir, soit un rendement maximum en énergie, soit une très haute température, les deux choses semblant, jusqu'à nouvel ordre, en opposition.

En France, une étude systématique de la question a été commencée en 1920 par M. Ribaud.

Enfin nous avons entrepris nous-même, au début de 1921, une série de recherches sur le même sujet.

L'avantage principal du four à induction à haute fréquence est que la

---

[1] Séance du 12 mars 1923.
[2] Travaux du Dr Northrup de l'Université de Princeton.

chaleur est produite à l'intérieur même de la masse à chauffer, en l'absence de tout circuit ferromagnétique. En conséquence, il est possible de calorifuger le creuset et son contenu aussi soigneusement qu'on le veut, et par là de réaliser une température, qui n'est plus limitée que par la fusion des matériaux réfractaires, et non par celle des circuits magnétiques ou des connexions électriques.

De plus, avec un semblable mode de chauffage, la très haute température est obtenue sans brutalité, et d'une façon beaucoup plus utilisable que dans le four électrique de Moissan par exemple. Il est en particulier possible et facile de chauffer dans le vide, ou dans telle atmosphère gazeuse que l'on désire.

Enfin, l'élévation de température se produit si rapidement qu'avec une puissance consommée inférieure à 2 kilowatts, on peut porter jusqu'aux environs de 2000° et en un quart d'heure un creuset de graphite de 70^{cm^3}.

Le rendement en énergie d'un four peut varier de 20 à 50 pour 100 environ; le rendement de 20 pour 100 correspondant à la production des très hautes températures (plus de 2000°), le rendement déjà plus industriel de 50 pour 100 correspondant à des productions de températures modérées (moins de 1500°) appliquées au chauffage et à la fusion de masses relativement importantes.

Un certain nombre d'utilisations du four à induction peuvent être envisagées.

Énumérons-les rapidement :

1° Fusion de l'or, de l'argent, du platine et en général de tous les métaux précieux, à l'abri de toute impureté;

2° Traitement thermique des métaux pour la trempe et le recuit de pièces de différentes formes;

3° Fusion du verre, du *quartz*, des émaux;

4° Réalisation facile dans les laboratoires des très hautes températures, et possibilité d'entreprendre, dans des conditions commodes, l'étude de différentes questions de chimie ou de physique qui se trouvaient jusqu'à présent hors du domaine de l'expérimentation normale.

Citons comme seul exemple des services que peut rendre le chauffage par induction en haute fréquence, le cas d'une fusion de platine au cours de laquelle 1100^{g} du métal précieux ont été fondus dans un creuset de graphite, en un temps de 1 heure 30 minutes et avec une puissance consommée inférieure à 2 kilowatts.

L'étude théorique de la décharge d'un condensateur, à travers un circuit

comportant self et résistance, et accouplé à un secondaire doué de self et résistance mais sans capacité, a conduit au résultat suivant : Il existe deux valeurs de la résistance du circuit secondaire qui, toutes choses égales, conduisent à un régime critique de la décharge. Entre ces deux valeurs de la résistance du secondaire la décharge est oscillante, de part et d'autre elle est apériodique.

PHYSIQUE. — *Sur une nouvelle amélioration de l'équation d'état des gaz.* Note de M. **A. Leduc**, présentée par M. Daniel Berthelot.

I. Dans l'équation de la pression interne, en coordonnées réduites,

$$\mathfrak{T}\frac{\partial\mathfrak{P}}{\partial\mathfrak{T}} - \mathfrak{P} = \mathrm{F}4\chi, \tag{1}$$

le deuxième membre exprime la pression interne calculée d'après mes expériences aux pressions de l'ordre de l'atmosphère, χ étant l'inverse de la température réduite et F une fonction de φ qui se réduit à $\frac{\mathrm{K}}{\varphi^2}$ pour φ suffisamment grand [1].

L'intégration de cette équation a donné, en admettant la constance du covolume :

$$\mathfrak{P} = \frac{8\mathfrak{T}}{3\varphi - 1} - \frac{\mathfrak{T}}{\varphi^2}(4\chi - 1). \tag{2}$$

Mais cette formule n'est valable aux grands volumes que pour l'oxygène, dont la constante réduite $\mathcal{R} = \frac{\mathrm{R}}{\mathrm{M}}\frac{\mathrm{T}_c\mathrm{D}_c}{p_c}$ est sensiblement égale à $\frac{8}{3}$. Pour la rendre applicable aux grands volumes en général, il faut (comme pour toutes celles qui comportent la constante $\frac{8}{3}$) remplacer D_c par

$$\mathrm{D}'_c = \frac{8}{3}\frac{\mathrm{M}}{\mathrm{R}}\frac{p_c}{\mathrm{T}_c} = \frac{8}{3}\frac{p_c}{r\mathrm{T}_c}. \tag{3}$$

On obtient ainsi, en coordonnées ordinaires,

$$p = r\mathrm{T}\left[\frac{1}{v - a} - \frac{9}{8}\frac{a}{v^2}(4\chi - 1)\right], \tag{4}$$

(1) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1167, et *Volumes moléculaires. Applications*, p. 61 (G. Doin, éditeur, Paris, 1923).

le covolume ayant pour valeur

$$a = \frac{r}{8}\frac{T_c}{p_c}.$$

Le coefficient de dilatation en pression est donné par

$$(5) \qquad \beta = \frac{1}{p_0}\frac{\partial p}{\partial T} = \frac{r}{p_0 v_0}\left\{\frac{1}{1-\frac{a}{v_0}} + \frac{9}{8}\frac{a}{v_0}[4\chi(\chi \operatorname{Log} 4 - 1) + 1]\right\}.$$

On trouve, pour SO^2 à 0° sous 76^{cm},

$$\beta_0 \doteq 3887.10^{-6}$$

conforme à un calcul antérieur.

Un autre contrôle réside dans le calcul de la température réduite $\mathfrak{T}_1$ à laquelle un gaz suit la loi de Mariotte aux faibles pressions. On trouve aisément que

$$\frac{\partial(pv)}{\partial v} = 0 \qquad \text{pour} \qquad 4\chi = 1 + \frac{8}{9}\left(\frac{v}{v-a}\right)^2,$$

ce qui donne, pour les grands volumes,

$$\mathfrak{T}_1 = 2,18.$$

Cela correspond pour l'azote à $t_1 = 6°$, nombre un peu faible [1].

II. Bien que les formules particulièrement simples (2) et (4) remplissent bien le rôle pour lequel elles ont été établies, la réduite (2) a, comme celles de Van der Waals et autres, deux défauts :

1° Elle s'oppose à ce que la densité du fluide dépasse $3D_c$, alors qu'on a observé des densités $> 4D_c$ et même $4,6D_c$.

2° Elle suppose le covolume constant, alors que les idées modernes portent à admettre qu'il augmente avec v.

A. Ces deux défauts disparaissent, au prix d'une légère complication, si l'on prend comme intégrale de l'équation (1)

$$(6) \qquad \mathfrak{P} = \frac{\mathfrak{R}'\mathfrak{T}\mathfrak{V}}{(\mathfrak{V}-\mathfrak{A})^2} - \frac{\mathfrak{K}\mathfrak{T}}{\mathfrak{V}^2}(4\chi - 1).$$

En écrivant que cette équation est satisfaite pour

$$\mathfrak{T} = \mathfrak{P} = \mathfrak{V} = 1,$$

---

(1) P. Chappuis (*Travaux et Mémoires du Bureau international*, t. 13, 1903) admet que Az suit la loi de Mariotte vers 70° sous 1^{cm} de mercure (p. 64), bien que $\alpha = \beta$ vers 25° ou 30° (p. 62 et 63). La formule de Van der Waals donne 156° et celle de Clausius — 38°.

ainsi que les équations

$$\frac{\partial \mathfrak{P}}{\partial \varphi} = 0 \quad \text{et} \quad \frac{\partial^2 \mathfrak{P}}{\partial \varphi^2} = 0,$$

on trouve

$$\mathcal{A} = 0{,}216, \quad \mathcal{R}' = 2{,}785 \quad \text{et} \quad \mathcal{K} = 1{,}149.$$

Passant aux coordonnées ordinaires avec $D'_c = \frac{\mathcal{R}' p_c}{r T_c}$, on a

$$(7) \qquad p = r\mathrm{T}\left\{\frac{v}{(v-a)^2} - 1{,}946\frac{a}{v^2}(4\chi - 1)\right\}$$

qui conduit à β_0 de $SO^2 = 3890 . 10^{-6}$ (excellent), mais à $\mathfrak{T}_1 = 1{,}96$ qui est trop bas ($t_1 = -22°$ pour Az).

B. Mais si l'on remplace aussi dans l'équation (6) φ^2 par $(\varphi + \mathcal{A})^2$, on trouve, en opérant comme plus haut,

$$(8) \qquad \mathfrak{P} = 3{,}086\frac{\mathfrak{T}\varphi}{\left(\varphi - \frac{1}{7}\right)^2} - \frac{1{,}393\,\mathfrak{T}(4\chi - 1)}{\left(\varphi + \frac{1}{7}\right)^2}$$

et, en coordonnées ordinaires, avec $a = 0{,}0469\frac{\mathrm{R}}{\mathrm{M}}\frac{\mathrm{T}_c}{p_c}$,

$$(9) \qquad p = r\mathrm{T}\left\{\frac{v}{(v-a)^2} - 3{,}16\frac{a}{(v+a)^2}(4\chi - 1)\right\}.$$

Le coefficient β_0 de SO^2 est toujours très bon ($3886 . 10^{-6}$) et l'on trouve

$$\mathfrak{T}_1 = 2{,}82,$$

ce qui correspond pour l'azote à $t_1 = 88°$.

Bien que ce nombre semble un peu élevé, je recommande la formule (9) parce que sa constante ($\mathcal{R}' = 3{,}086$), plus élevée que les précédentes, la rend applicable dans un domaine de pressions plus étendu. D'ailleurs, elle permettrait à la densité du liquide d'atteindre $7\,D_c$, tandis que la précédente la limite à $4{,}63\,D_c$, la pression devenant infinie.

La valeur maxima du covolume (faibles pressions) est donnée par

$$2a = 7{,}80\frac{\mathrm{T}_c}{\mathrm{M}p_c}$$

avec p_c en mégabaryes. On trouve pour CO^2 0,73 au lieu de $\frac{1}{3}v_c = 0{,}72$ et pour SO^2 0,662 au lieu de 0,641.

III. On pourrait croire avantageux de remplacer φ^2 de l'équation (6) par $(\varphi + n\mathcal{A})^2$, n étant choisi de manière que $\mathcal{R}$ s'approche de la valeur

moyenne $\left(\frac{11}{3}\right)$ offerte par la série normale. Ce résultat serait atteint pour $n = 8$ ($\mathcal{R} = 3{,}665$). Mais on trouve qu'alors $\varpi_1 = 8{,}4$, c'est-à-dire que l'azote ne suivrait la loi de Mariotte que vers 800° sous la pression atmosphérique !

Il ne faut donc pas compter sur ce moyen pour obtenir une équation d'état donnant des *dérivées correctes* dans tout le domaine depuis les basses pressions jusqu'au point critique. Il faut chercher la solution dans une autre voie que ne me permettent pas d'aborder les données numériques existantes.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'étincelle d'ordre supérieur.* Note de MM. **Léon** et **Eugène Bloch**, présentée par M. Brillouin.

La distinction, purement empirique à l'origine, entre les raies *longues* et les raies *courtes* (Lockyer) a eu une importance considérable parce qu'elle a conduit à la séparation entre les raies *d'arc* et les raies *d'étincelle*, et à la séparation plus précise encore entre les raies de *l'atome neutre* et celles de *l'atome chargé positivement.*

L'atome chargé peut porter une charge simple, provenant de l'arrachement d'un seul électron ; il peut aussi porter une charge double, triple, etc., s'il a perdu un nombre d'électrons égal à deux, trois, etc. On est donc amené à penser que le spectre d'étincelle *du premier ordre* (correspondant à la charge simple) n'est pas le seul que possède l'atome : il doit exister des *spectres d'étincelle d'ordre supérieur*. On peut même s'attendre à trouver plusieurs spectres de chaque ordre, si l'atome peut perdre de différentes manières un nombre donné d'électrons.

Les spectres d'étincelle d'ordre supérieur n'ont pas été isolés optiquement. Nous avons essayé d'atteindre ce résultat en employant un mode d'analyse semblable à celui de Lockyer, c'est-à-dire en produisant les raies d'étincelle du premier ordre sous forme de raies longues, les raies d'ordre supérieur sous forme de raies courtes.

La présente Note est relative aux spectres d'étincelle du mercure, que nous avons étudiés dans la région comprise entre 5000 et 2200 U. A. On produit un spectre très riche en raies d'étincelle par l'emploi de la décharge oscillante dans un tube sans électrodes, suivant la méthode de J.-J. Thomson. Nous utilisons à cet effet un tube de silice fondue (diamètre 3^{cm}, longueur 20^{cm}) fermé par des fenêtres de même substance et scellé sous le vide après introduction d'une goutte de mercure. Un enroulement de dix tours de fil sur une des extrémités est suffisant pour produire par induction

un anneau lumineux intense chaque fois que l'enroulement reçoit la décharge, fortement condensée, d'un transformateur. Un éclateur réglable est mis dans le circuit, ce qui permet de faire varier le potentiel de décharge entre des limites étendues. Le tube est placé dans un four électrique dont la température est connue.

Si l'on projette sur la fente d'un spectroscope l'image de l'anneau lumineux produit sous faible voltage, on observe que le spectre se compose de raies longues occupant tout le champ et de raies courtes n'occupant que les parties supérieure et inférieure du champ. L'aspect de ces dernières varie, toutes choses égales d'ailleurs, avec le potentiel de décharge : quand celui-ci augmente, les raies courtes tendent à s'allonger; en même temps les raies longues diminuent d'intensité, surtout aux extrémités, et se localisent dans la région centrale. Un examen détaillé permet de reconnaître que les raies longues sont toujours des raies d'arc, les raies courtes sont des raies d'étincelle. Les observations qui précèdent montrent donc que les raies d'étincelle se forment dans les régions de champ intense et se développent aux dépens des raies d'arc.

Il est commode de substituer le spectrographe au spectroscope en vue d'obtenir, sur la même plaque, une série de clichés correspondant à des excitations de plus en plus fortes. On note alors l'apparition progressive de raies très nombreuses, dont une partie a pu être identifiée avec les raies mesurées par Stiles, dont une autre partie est nouvelle. Ces raies évoluent, à voltage croissant, d'une façon caractéristique. Les unes commencent à se montrer aux voltages modérés, vers les bords du champ, puis se complètent de façon à occuper tout le champ, finalement diminuent en se localisant dans la région centrale. Les autres n'apparaissent qu'aux voltages très élevés, et sont encore en voie d'accroissement quand les premières sont déjà sur le déclin. Il y a autant de raisons d'attribuer ces deux sortes de raies à des centres distincts qu'il y en a pour distinguer entre le spectre d'arc et le spectre d'étincelle. Nous proposons de regarder les raies de la première catégorie comme constituant le *spectre d'étincelle du premier ordre* E_1, les autres comme appartenant à un *spectre d'étincelle d'ordre supérieur* E_2. Cette classification pourra comporter des subdivisions, du fait que les différentes raies de chaque catégorie présentent parfois de légères différences dans leur évolution.

Parmi les raies du premier ordre E_1, nous citerons comme apparaissant d'abord les raies

3983 96 (1)	3396,31	2947,08	2806,84	2252,9
3607,60	3264,06	2935,92	2492,01	
3532,63	3208,20	2916,27	2262,2	
3451,69	2954,5* (2)	2847,67 (1)	2260,4	

Un certain nombre de raies qui se montrent plus tard se rangent encore, d'après leur évolution, sous le type E_1.

Appartiennent au contraire au spectre E_2 un très grand nombre de raies, dont nous n'indiquons qu'une partie choisie parmi les plus intenses :

4797,01	3874,98	3396,31	2599,51
4487,48	3845,15	3358,57	2572*
4282,78	3684,91	3176*	2296,4
4261,87	3680,01	3111,5*	
4178,02	3630,64	2983*	
4006,27	3473,01	2859*	

Beaucoup de raies très courtes ne commencent à être visibles sur nos clichés qu'aux voltages très élevés et appartiennent sans doute à des spectres d'étincelle d'ordre supérieur à 2.

En résumé, nous avons indiqué une méthode d'analyse des spectres d'étincelle et nous avons appliqué cette méthode au cas du mercure.

DYNAMIQUE CHIMIQUE. — *Interprétation cinétique de la règle de Van't Hoff*. Note de M. **C.-E. Guye**, présentée par M. Daniel Berthelot.

On a coutume de considérer l'action dissociante résultant de chocs moléculaires comme une fonction de l'énergie relative de choc. Cette condition ne paraît cependant pas suffisante, bien que l'on s'en contente parfois dans les théories cinétiques. L'intensité des forces développées pendant le choc et la durée pendant laquelle elles agissent doivent intervenir également; de même qu'en électrolyse, l'énergie disponible dans la source ne suffit pas à conditionner le phénomène, il faut encore que la force électromotrice de cette source ait une valeur supérieure à la tension de polarisation de la cuve.

(1) Cette raie se trouve parfois dans le spectre de l'arc au mercure.

(2) Les raies marquées du signe * sont nouvelles. Leur longueur d'onde est donnée provisoirement avec une erreur possible de 1 U. A.

J'ai montré précédemment (¹) qu'en supposant une *action dissociante fonction de l'impulsion des forces développées pendant le choc* et en combinant cette hypothèse avec la loi de répartition des vitesses de Maxwell, seule compatible avec l'équilibre thermique, le nombre des chocs pariétaux dissociants par unité de surface, dans l'unité de temps, était donné par la relation suivante :

$$(1)\qquad \nu_0 = \left[\frac{n_1}{2\sqrt{h\,m\,\pi}}\right] e^{-hmv_0^2} = [\mathrm{M}]\, e^{-hmv_0^2};$$

n_1, nombre de molécules par unité de volume; h, constante dont la valeur est $\frac{\mathrm{N}}{2\mathrm{RT}}$; N, nombre d'Avogadro; R, constante des gaz parfaits; T, température absolue; m, masse de la molécule; v_0, composante normale de la vitesse de choc (pariétal) à partir de laquelle se produit la dissociation.

D'autre part le nombre des chocs entre molécules qui sont suivis de dissociation est, dans notre hypothèse, donné par l'expression (²)

$$(2)\qquad \nu'_0 = \left[n_1^2\sigma^2\sqrt{\frac{2\pi}{hm}}\right] e^{-2hmv_0^2} = [\mathrm{M}']\, e^{-2hmv_0^2},$$

dans laquelle σ est le diamètre moléculaire.

Les formules (1) et (2) supposent que les chocs sont idéalement élastiques. Les facteurs entre crochets représentent respectivement le *nombre total des chocs* [pariétaux, formule (1) et entre molécules, formule (2)]; les exponentielles expriment les *fractions de ces nombres de chocs qui sont suivis de dissociation.*

La discussion numérique de ces formules nous a montré que l'action dissociante due aux chocs pariétaux est incomparablement plus grande que celle due aux chocs entre molécules, tant que les chocs pariétaux sont idéalement élastiques. Au contraire, si les molécules qui frappent la paroi cèdent tout ou partie notable de leur énergie cinétique, ce sont les actions dissociantes qui se produisent dans la masse du gaz qui l'emportent sur celles de surface.

Ces considérations paraissent de nature à éclairer dans quelque mesure le mécanisme des actions catalytiques de surface. Mais le but de cette Note est de montrer que notre hypothèse rend compte quantitativement de la règle approximative de Van't Hoff suivant laquelle, au voisinage de la

(¹) *Arch. des Sc. phys. et nat.*, 1922. *Supplément*, p. 132 et 153.

(²) Voir P. Langevin et J. Rey, *Sur les chocs exceptionnels des molécules gazeuses* (*Le Radium*, t. 10, 1913, p. 142).

température ordinaire, une élévation de température de 10° suffit à doubler la vitesse d'une réaction.

Si nous passons de la température 0° à la température T, la pression restant constante, les formules (1) et (2) deviennent :

(3) $$\nu_T = \sqrt{\frac{273}{T}}[M]e^{-\frac{273}{T}h_0 m v_0^2}$$ (choc pariétal élastique),

(4) $$\nu'_T = \frac{273\sqrt{273}}{T\sqrt{T}}[M']e^{-\frac{273}{T}2h_0 m v_0^2}$$ (choc élastique entre molécules),

(5) $$\nu_T = \sqrt{\frac{273}{T}}[M]e^{-\frac{273}{T}4h_0 m v_0^2}$$ (choc pariétal mou).

Vérification numérique. — Dans le cas de l'hydrogène à 0° et à la pression normale, on a

$n_1 = 2,71.10^{19}$,	$N = 6,06.10^{23}$,	$h_0 = 13,346.10^{12}$,
$m_{H_2} = 3,3.10^{-24}$,	$R = 8,316.10^{7}$,	$[M] = 1,152.10^{24}$,
$\sigma_{H_2} = 2,4.10^{-8}$,	$T_0 = 273$,	$[M'] = 16,0.10^{28}$.
	$T = 283$,	

En désignant par v_0 la composante normale de la vitesse à partir de laquelle un *choc pariétal élastique* est dissociant, on a, pour diverses valeurs de v_0, le Tableau suivant :

Choc pariétal élastique.

$v_0 \frac{cm}{sec}$.	ν_0.	Θ_0.	$\frac{\nu_T}{\nu_0}$.
1 .10⁶......	$8,62.10^{4}$	10^{7} années	4,65
0,8 »	$6,62.10^{11}$	474* jours	2*,66
0,7 »	$4,89.10^{14}$	15*,4 heures	2*,11
0,6 »	$1,50.10^{17}$	3* minutes	1*,72
0,5 »	$1,91.10^{19}$	1*,42 sec	1*,45
0,4 »	$1,00.10^{21}$	0,03 sec	1,26
....	....	....	.....

Choc pariétal mou.

0,5 .10⁶.....	$8,62.10^{4}$	10^{7} années	4,65
0,4 »	$6,62.10^{11}$	474* jours	2*,66
0,35 »	$4,89.10^{14}$	15*,4 heures	2*,11
....	....	....	.....

Choc élastique entre molécules.

$v_0 \frac{cm}{sec}$.	ν'_0.	Θ'_0.	$\frac{\nu'_T}{\nu'_0}$.
1 .10⁶......	$8,92.10^{-10}$	$0,5.10^{21}$ années	21,28
0,8 »	$5,28.10^{4}$	$0,8.10^{7}$ »	6,94
0,7 »	$2,88.10^{10}$	1,5 »	4,35
0,6 »	$2,71.10^{15}$	1*,4 heures	2*,90
0,5 »	$4,36.10^{17}$	31* sec	2*,06
0,4 »	$1,21.10^{23}$	0,00011 sec	1,56

Θ_0 et Θ'_0 sont les durées approximatives théoriquement nécessaires pour dissocier 1^{cm^3} de gaz, soit $2,71.10^{19}$ molécules; $\frac{\nu_r}{\nu_0}$ et $\frac{\nu'_r}{\nu'_0}$ désignent les rapports des vitesses de dissociation (facteur de Van't Hoff) pour une variation de 0° à 10°.

On voit par le Tableau précédent que, seules, les réactions marquées d'un astérisque ont une *durée expérimentale* et que, pour ces réactions, le facteur de Van't Hoff a une valeur assez voisine de la valeur 2 que donne en général l'expérience, avec de nombreuses exceptions d'ailleurs.

La vérification faite sur l'hydrogène peut être étendue à n'importe quel gaz, car pour obtenir des *vitesses de dissociation comprises entre les mêmes limites expérimentales*, il suffit de choisir v_0 inversement proportionnel à la racine carrée de la masse moléculaire; l'exponentielle, dont dépend principalement la vitesse de dissociation, conserve alors la même valeur.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action de la gélatine sur les piles de concentration.* Note de M. **René Audubert**, présentée par M. Paul Janet.

L'action des colloïdes organiques tels que la gélatine, la gomme arabique, le caoutchouc, etc. sur les phénomènes de surtension ainsi que leur influence sur la structure des dépôts électrolytiques m'a conduit à chercher quel pouvait être le rôle joué par la gélatine dans les phénomènes électrochimiques dont une électrode est le siège. Dans ce but, j'ai étudié l'influence exercée par une addition de cette substance sur les piles de concentration : $AgI - NO^3Ag$; $AgCl - NO^3Ag$; $Ag^2S - NO^3Ag$. La force électromotrice de ces éléments est, comme on le sait, très notable en raison de la concentration extrêmement faible des ions Ag^+ dans le compartiment contenant les sels insolubles; elle est, en effet, représentée avec exactitude par la formule $\mathcal{E} = \frac{RT}{96600} L \frac{C}{c}$ dans laquelle C représente la concentration des ions Ag dans la solution d'azotate, et c celle de ces mêmes ions à l'autre extrémité de la chaîne.

On observe qu'en ajoutant de la gélatine dans la solution de NO^3Ag la force électromotrice est diminuée, tandis qu'une addition dans le voisinage de l'autre électrode produit au contraire une augmentation.

Le sens suivant lequel cette influence s'exerce montre que, dans les deux cas, la gélatine doit agir en diminuant la concentration des ions Ag (1);

(1) Probablement dans la couche de passage contiguë à l'électrode.

on voit bien, en effet, dans la formule de Nernst, que $\mathcal{E}$ diminue quand C diminue, mais augmente au contraire quand c diminue.

Si l'on admet que les ions, qui ont ainsi perdu vis-à-vis de l'électrode leur activité électrochimique ont été fixés par la gélatine, il est possible de déterminer le taux de cette fixation.

Il suffit en effet de mesurer la force électromotrice $\mathcal{E}$ du couple avant l'addition, et celle $\mathcal{E}'$ qu'il présente lorsqu'on a ajouté cette substance dans l'un des compartiments, par exemple dans la solution de nitrate d'argent.

On a

$$\mathcal{E}=\frac{RT}{96600}L\frac{C}{c};\qquad \mathcal{E}'=\frac{RT}{96600}L\frac{C'}{c}.$$

Par suite

$$C-C'=c\left[e^{\frac{96600\mathcal{E}}{RT}}-e^{\frac{96600\mathcal{E}'}{RT}}\right].$$

Il était intéressant de déterminer comment variait avec la concentration des ions Ag^+ de la solution de NO^3Ag la quantité fixée par la gélatine L'étude en a été faite pour les différentes chaînes énumérées plus haut en faisant varier systématiquement la concentration de l'azotate d'argent entre $\frac{N}{10}$ et $\frac{N}{10000}$ pour une quantité déterminée de gélatine, qui, suivant les expériences, était comprise entre 1 et 0,04 pour 100. Toutes ces déterminations ont montré que la quantité d'ions fixés était une fonction continue de la concentration C' des ions en équilibre avec le colloïde. En construisant les courbes en coordonnées logarithmiques, on obtient un faisceau de droites parallèles que l'on peut représenter par la relation

$$\log(C-C')=p\log C'+K,$$

ce qui peut encore s'écrire

$$C-C'=AC'^p,$$

relation dans laquelle le coefficient p est indépendant de la concentration de la gélatine et de la nature de la chaîne étudiée ; pour toutes les courbes obtenues sa valeur s'écarte peu de $\frac{1}{2}$. Ce résultat montre que la formule donnée par Freundlich pour représenter une isotherme d'adsorption peut être appliquée à l'équilibre entre des ions argent et la gélatine. La valeur $\frac{1}{2}$ trouvée pour le coefficient p est conforme aux résultats que j'ai obtenus récemment [1] en étudiant l'adsorption de différents ions : La^{+++}, Al^{+++},

[1] R. AUDUBERT, *Annales de Physique*, septembre 1922.

Ba^{++}, Mg^{++}, Na^{+}, K^{+}, H^{+} par des grains de mastic et de gomme-gutte, pour lesquels j'ai trouvé une relation de la forme $M = AC^{p}$, le coefficient p étant pour tous ces ions voisin de $\frac{1}{2}$.

Il semble que l'ion Ag^{+} se comporte de la même manière vis-à-vis de la gélatine, vraisemblablement en formant avec cette substance un complexe d'adsorption.

Il est intéressant de remarquer que fort antérieurement M. Jean Perrin avait suggéré que c'était sans doute par un mécanisme d'adsorption que les colloïdes hydrophiles exerçaient une action protectrice à l'égard des solutions colloïdales instables.

En ce qui concerne l'action de la gélatine sur le potentiel de décharge des ions et sur la surtension, phénomènes qui ont été mis en évidence par C. Marie (1), on est conduit à penser qu'elle modifie la différence de potentiel de la couche de passage de l'électrode en raréfiant l'atmosphère ionique de cette dernière. Tout récemment, du reste, on a montré (2) que la surtension de l'ion H^{+} passait par un maximum avec la concentration de la gélatine ajoutée, ce qui conduit aussi à l'idée d'une combinaison d'adsorption.

En outre, l'influence exercée par cette substance sur la structure des dépôts électrochimiques serait corrélative d'une élévation de la polarisation cathodique, dont on sait qu'elle est un facteur favorable à la formation de dépôts à grains fins.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une synthèse nouvelle du cumène et du para-cymène.* Note de M. **L. Bert**, présentée par M. A. Haller.

En faisant réagir les magnésiens du bromobenzène et du *p*-bromotoluène sur le sulfate neutre d'isopropyle, nous avons observé la formation de cumène dans le premier cas et de *p*-cymène dans le second.

Le sulfate neutre d'isopropyle se comporte donc dans ces deux cas d'une manière analogue à celle des sulfates neutres de méthyle (3) et d'éthyle (4)

---

(1) C. Marie, *Comptes rendus*, t. 147, 1908, p. 1400.

(2) N. Isgareschew et Sophie Berkmann, *Z. f. E.*, Bd 28, 1922.

(3) A. Werner et F. Zilkens, *Berichte*, t. 36, 1903, p. 2116; J. Houben, *Ibid.*, p. 3083.

(4) H. Gilman et R.-E. Koyle, *Am. chem. Soc.*, t. 44, 1922, p. 2621.

et les synthèses ci-dessus peuvent se formuler :

$$C^6H^5MgBr + SO^4\left(CH\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\right)^2 = C^6H^5.CH\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix} + SO^4\begin{matrix}MgBr\\CH(CH^3)^2\end{matrix},$$

$$C^6H^4\begin{matrix}CH^3 & (1)\\MgBr & (4)\end{matrix} + SO^4\left(CH\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\right)^2 = C^6H^4\begin{matrix}CH^3 & (1)\\CH(CH^3)^2 & (4)\end{matrix} + SO^4\begin{matrix}MgBr\\CH(CH^3)^2\end{matrix}.$$

Le mode opératoire suivi dans nos essais a été celui de Houben (1) : addition d'une molécule du magnésien à la solution éthérée d'une molécule de sulfate neutre d'isopropyle.

Le traitement du produit de la double décomposition s'effectue à la façon ordinaire. La fraction renfermant le carbure est rectifiée sur le sodium pour la priver de toute trace de brome.

1° *Cumène.* — La fraction bouillant à 151°-152° sous la pression de 720mm (corrigé) a été transformée pour l'identification avec le cumène en sulfocuménate de baryum, cristallisé avec H^2O en feuillets nacrés, brillant comme des écailles de poisson, et donnant à l'analyse :

Ba = 25,04 pour 100 (théorie 24,77).

Le rendement est de 10 pour 100.

2° *Para-cymène.* — La fraction bouillant à 173°-175° sous 720mm (corrigé) possède l'odeur caractéristique du *p*-cymène. Nous l'avons transformée pour l'identifier en sulfocyménate de baryum, cristallisé avec $3H^2O$ en lamelles nacrées, qui, après dessiccation à l'air libre, donnent à l'analyse :

Ba = 22,56; H^2O = 8,69 (théorie : Ba = 22,20; H^2O = 8,75 pour 100).

Le rendement atteint 10 pour 100, double de celui obtenu par O. Widman (2) dans son importante synthèse du *p*-cymène à partir du *p* bromoisopropylbenzène, de l'iodure de méthyle et du sodium.

Nos deux synthèses confirment la constitution isopropylique du groupe C^3H^7, démontrée par O. Jacobsen pour le cumène et par O. Widman pour le *p*-cymène.

Nous n'avons pas obtenu de résultat dans des essais de synthèse du cumène, du *p*-bromocumène et du *p*-cymène par double décomposition au sein du toluène bouillant entre, d'une part, le bromure d'isopropylmagnésium et d'autre part le bromobenzène, *p*-dibromobenzène et *p*-bromotoluène, d'après la méthode indiquée par Houben (3).

(1) *Loc. cit.*
(2) *Berichte*, t. 24, 1891, p. 450.
(3) *Loc. cit.*

Nous poursuivons ces recherches dans le groupe du cymène.

Remarques sur la préparation des matières premières employées dans ce travail. — Nous ferons connaître prochainement une méthode de préparation relativement aisée du sulfate neutre d'isopropyle.

Le *p*-bromotoluène pur a été obtenu par nous de deux façons différentes, non encore signalées à notre connaissance :

1° A partir du *p*-dibromobenzène suivant le processus ci-dessous :

$$C^6H^4\begin{cases}Br & (1)\\ Br & (4)\end{cases} + Mg = C^6H^4\begin{cases}MgBr\\ Br\end{cases} \quad (^1),$$

$$C^6H^4\begin{cases}MgBr & (1)\\ Br & (4)\end{cases} + SO^4\begin{cases}CH^3\\ CH^3\end{cases} = C^6H^4\begin{cases}CH^3 & (1)\\ Br & (4)\end{cases} + SO^4\begin{cases}MgBr\\ Br\end{cases} \quad (^2).$$

La double décomposition est vive, mais le rendement en *p*-bromotoluène pur n'atteint que 12 pour 100, ce qui réduit cette intéressante synthèse à un simple mode de formation.

2° A partir de la *p*-toluidine, par la méthode de Sandmeyer.

En préparant le bromure cuivreux suivant les indications de Sandmeyer ([3]) ou celles de Nœlting ([4]), on obtient le même rendement de 30 pour 100 en *p*-bromotoluène. Gattermann signale que, par son procédé à la poudre de cuivre, il a obtenu « avec un bon rendement les bromotoluènes à partir des toluidines correspondantes », mais sans préciser ce rendement ([5]). Nous l'avons trouvé un peu inférieur à celui de Sandmeyer, égal à 27 pour 100 en moyenne, mais nous avons donné, malgré cela, la préférence au procédé de Gattermann, car il fournit de suite un produit pur, bien blanc, alors qu'il faut des traitements à la soude caustique, suivis de distillation répétés, pour priver de sa teinte jaune le *p*-bromotoluène préparé par la méthode de Sandmeyer.

---

(1) Bodroux, *Comptes rendus*, t. 136, 1903, p. 1138.

(2) Werner et Zilkens, Houben, *loc. cit.*

(3) *Berichte*, t. 17, 1884, p. 2652.

(4) *Berichte*, t. 34, 1901, p. 2253.

(5) *Berichte*, t. 23, 1890, p. 1222.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les acides-alcools contenus dans une huile de pépins de raisin.* Note de M. ÉMILE ANDRÉ, présentée par M. Charles Moureu.

Comme nous l'avons dit précédemment [1], le problème que nous nous étions posé, en abordant l'étude des huiles de pépins de raisin, était d'établir quel est l'acide-alcool auquel est dû l'indice d'acétyle relativement élevé qui caractérise certaines d'entre elles. Rappelons brièvement que les sels de lithium des acides qui possèdent une fonction alcool sont beaucoup plus solubles dans l'eau et dans l'alcool de faible titre que ceux des acides gras ordinaires saturés ou non. Il en résulte qu'on peut les accumuler dans les eaux mères des solutions où l'on fait cristalliser, sous forme de savons lithiques, les acides gras d'une huile qui en contient. Nous avons soumis à ce traitement les acides totaux d'une huile de pépins de raisin dont l'indice d'acétyle était de 49,3. Nous avons retiré des eaux mères un mélange d'acides assez visqueux et fort colorés car toutes les impuretés que contenait l'huile, matières colorantes et résineuses en particulier, s'étaient accumulées dans le même liquide. Nous avons désigné ce mélange, dans une précédente Note, sous le nom d'*acides visqueux.* Il restait à en séparer les acides-alcools qui s'y trouvaient mélangés avec d'autres acides gras.

Disons de suite que la distillation fractionnée des éthers méthyliques ne nous a donné aucun résultat. Plus de 60 pour 100 du mélange s'est transformé, sous l'influence de la chaleur, en un résidu goudronneux indistillable.

Après de nombreux tâtonnements, nous avons fait choix d'une méthode qui nous a permis d'atteindre presque complètement notre but. Elle repose sur les faits suivants :

1° Lorsqu'on verse dans un grand volume d'éther de pétrole un mélange d'acides gras contenant une proportion relativement élevée d'acides-alcools une partie et une partie seulement de ces derniers se sépare sous forme insoluble; le reste entre en dissolution grâce à la présence des autres acides.

2° Les savons de lithium des acides gras à fonction alcool, qui sont très solubles dans l'eau et dans l'alcool de faible titre, augmentent notablement la solubilité des savons lithiques des autres acides gras auxquels ils se trouvent associés. Il en résulte qu'un mélange qui donnait des savons lithiques entièrement solubles peut, à nouveau, laisser précipiter des savons insolubles lorsqu'il a été privé d'une partie des acides-alcools qu'il contenait.

---

[1] *Comptes rendus*, t. **172**, 1921, p. 1296 et 1413.

Voici, brièvement résumée, la technique que nous avons suivie :

Après un refroidissement prolongé, le mélange des acides à étudier a laissé déposer des cristaux blancs assez peu abondants; ils ont été décantés et essorés sur plaque poreuse; nous avons pu facilement les identifier comme étant de l'acide palmitique qui avait échappé aux traitements antérieurs.

La partie restée liquide a été versée dans un grand volume d'éther de pétrole léger. Une proportion de 10 pour 100 est restée insoluble sous forme d'un enduit visqueux très coloré adhérent aux parois du flacon. Quatre opérations successives pratiquées sur 100g d'acides visqueux ont fourni des acides-alcools dont nous donnons plus loin l'indice d'iode et l'indice de saponification.

Les acides qui avaient passé en dissolution dans l'éther de pétrole ont été récupérés; on les a fait passer à l'état de sels de lithium au sein de l'eau alcoolisée à 15°. Une certaine quantité de savons lithiques a précipité par refroidissement, tandis qu'il restait de nouvelles eaux mères enrichies en acides-alcools. Elles ont été traitées comme les premières : les acides en ont été extraits et versés dans un grand volume d'éther de pétrole. Nous avons obtenu, cette fois, une quantité plus importante d'acides insolubles.

Il ne restait plus qu'à recommencer la même série alternée de cristallisations fractionnées des savons lithiques et de dissolutions partielles des acides gras des eaux mères pour arriver, pensions-nous, à séparer entièrement ce qui est acides-alcools de ce qui ne l'est point. En fait, nous avons bien obtenu, dans une troisième série d'opérations, une nouvelle quantité, assez faible, d'acides-alcools, mais le quatrième traitement ne nous a plus donné de résultat, le résidu réfractaire représentait environ 15 à 16 pour 100 du mélange initial.

On trouvera ci-dessous les indices de saponification et les indices d'iode des diverses fractions d'acides-alcools que nous avons obtenues; nous donnons en même temps les propriétés correspondantes de l'acide ricinoléique et de ses homologues inférieurs.

	Mélanges d'acides-alcools retirés du					
	1er traitement.					
	1.	2.	3.	4.	2e traitement.	3e traitement.
Indice de saponification....	221,8	234,3	223,0	213,0	215,0	222,0
Poids moléculaire moyen ..	252,9	239,0	251,1	262,9	260,4	252,2
Indice d'iode (Hanus).....	60,5	57,7	46,9	51,7	78,0	69,2

	Acide ricinoléique et homologues inférieurs.		
	$C^{18}H^{34}O^3$. (Acide ricinoléique.)	$C^{16}H^{30}O^3$ (encore inconnu).	$C^{14}H^{26}O^3$ (encore inconnu).
Indice de saponification (¹).....	187,9	207,4	231
Poids moléculaire.............	298,0	270,0	242
Indice d'iode (¹)..............	85,2	94,1	104,9

(¹) Valeurs théoriques.

De l'examen de ce Tableau il ressort : que l'indice d'acétyle de l'huile de pépins de raisin ne doit pas être attribué à la présence d'acide ricinoléique, mais à celle d'autres acides-alcools de condensation moins élevée. L'hypothèse la plus simple qui s'accorde avec les données ci-dessus, c'est qu'il existe, dans l'huile que nous avons étudiée, au moins deux acides-alcools. Leur condensation doit être comprise entre C^{16} et C^{11}; l'un d'eux est saturé, l'autre possède une liaison éthylénique. Il reste à isoler chacun de ces deux acides de leur mélange.

GÉOLOGIE. — *Sur quelques particularités du Bajocien des environs de Montmédy (Meuse).* Note de M. **Henry Joly**, présentée par M. Pierre Termier.

Au cours d'une excursion faite il y a quelques mois aux environs de Montmédy, j'ai eu l'occasion d'observer les tranchées du chemin de fer provisoire construit par les Allemands pendant la guerre pour éviter le tunnel de Montmédy que les Français avaient fait sauter. Je m'apprêtais à publier le résultat de mes observations lorsque je reçus le tiré à part d'une Note publiée récemment par M. l'abbé Delépine (1) dans laquelle l'auteur rapporte ses observations sur les mêmes tranchées. A ce travail dont la justesse et la précision font honneur à leur auteur, j'ajouterai cependant quelques-unes de mes observations qui me semblent mériter quelque attention; car elles permettent d'apporter plus de netteté encore aux conclusions de l'abbé Delépine sur les faciès du Bajocien de cette région.

J'ai pu détacher la partie superficielle d'un bloc de calcaire sableux jaunâtre provenant de la tranchée. La surface de cette plaque montre d'abord très nettement des ondulations dues, à n'en pas douter, au phénomène physique appelé *ripple-marks*; puis, des nodules ferrugineux ocreux où le fer à l'état d'hématite est concentré dans les feuillets externes et dont le centre beaucoup moins ferrugineux est fortement creusé.

On remarque encore des bandes étroites de 3 à 4^{mm}, formant saillie, plus ou moins contournées et d'une façon très irrégulière, se recoupant très souvent.

---

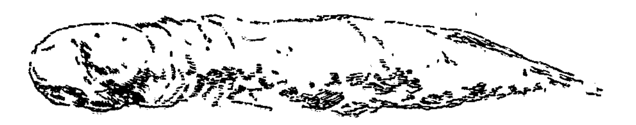
(1) Delépine, *Contribution à la connaissance des terrains jurassiques de la feuille de Mézières* (*Bull. Carte géol. Fr.*, n° 145, 1922).

J'ai reconnu, dans ces bandes en relief, le type des moulages de pistes laissées par des animaux sur le sable au moment de la sédimentation. Plusieurs de ces pistes présentent très nettement le sillon central considéré comme caractéristique des pistes.

Sur la plaque calcaire est reconnaissable aussi un fragment végétal indéterminable spécifiquement.

Enfin j'ai observé trois corps, et peut-être quatre, également en relief et présentant la forme de corps organisés. L'un d'entre eux surtout est très net, autant que peut l'être un moulage, car il s'agit certainement du moulage d'une empreinte laissée sur le sable, probablement par le corps d'un animal mort et décomposé sur place. La preuve que l'on a affaire à un moulage est donné par ce fait que les pistes sont en relief.

A première vue, j'avais pensé reconnaître, dans ce fossile problématique, une larve d'insecte, mais cette assimilation doit être repoussée à cause de la forme de la tête qui est très différente de celle des larves des insectes. La figure ci-dessous, dessinée sur photographie, qui représente ce fossile



problématique permet de distinguer plusieurs parties dans ce corps allongé, de 8^{cm} de long sur 1^{cm} de large, et dont la partie postérieure effilée en pointe est prolongée elle-même par une sorte de filament.

Une tête, de forme générale ovale mais anguleuse, mesurant $\frac{1}{5}$ de la longueur totale, est suivie d'une partie de même longueur, légèrement rétrécie et présentant des sortes d'arcs infléchis vers l'avant, et qui font penser à des pattes. La partie postérieure du corps est un peu plus renflée, on n'y remarque pas de saillie et il n'y a à signaler que le prolongement effilé.

Il m'a semblé utile de signaler ce fossile problématique qui, par sa forme nettement accusée, ne semble pas devoir être rapporté à un *Ludus*. Il est possible en effet que l'on retrouve dans les sédiments de cet âge, ou d'autres âges, de nouveaux exemplaires mieux conservés qui permettront une description ou une détermination meilleures.

Quoi qu'il en soit, la question de ce corps étant mise à part, les observations que j'ai faites sur cette plaque calcaire du Bajocien permettent de tirer des conclusions très intéressantes par leur précision sur les conditions géologiques de la région de Montmédy à l'époque bajocienne.

D'abord, les ripple-marks indiquent que la profondeur de la mer ne

dépassait pas 200^{m}; le débris végétal indique la proximité du rivage; enfin, le moulage des pistes implique une émersion momentanée de la plage, ne serait-ce qu'entre deux marées, émersion nécessaire pour consolider la vase sur laquelle étaient imprimées les pistes, sans quoi les sables du sédiment immédiatement postérieur auraient détruit les traces des pistes avant d'être en mesure de les mouler. Pour la même raison, il convient d'admettre que les pistes ont dû être tracées sur la plage émergée.

Ainsi la mer bajocienne oscillait dans la région de Montmédy qui se trouvait tout à fait sur le littoral.

Il me reste à signaler encore une particularité restée jusqu'à présent inaperçue et que me fit soupçonner l'aspect blanchâtre ou blanc jaunâtre de la gangue des conglomérats à fossiles signalés par l'abbé Delépine. L'analyse confirma mon opinion et démontra que la gangue des conglomérats et des fossiles contient une *notable proportion de phosphate de chaux*.

Ces diverses observations sont donc une belle confirmation des vues que j'ai exposées dans ma Thèse de doctorat en 1908 et que M. l'abbé Delépine vient de corroborer en les précisant. C'est à ces circonstances particulières paléogéographiques qu'il faut attribuer les différences si grandes qui existent entre le Bajocien des régions de Nancy, Briey et Longwy, et le même étage sur la bordure de l'Ardenne. Nous avons ainsi une preuve de plus que la mer bajocienne était beaucoup moins étendue que celle du Lias; elle était en pleine période de régression, mais de régression lente, compliquée d'oscillations.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Mesures magnétiques en Bretagne.* Note de M. Ch. Maurain, présentée par M. Daniel Berthelot.

Ces mesures font partie de celles qui ont été décidées par la sixième section du Comité français de l'Union géodésique et géophysique internationale en vue de l'établissement d'un nouveau réseau magnétique de la France. Elles ont été effectuées en août et septembre 1922 dans quarante et une stations dont dix-neuf aussi voisines que possible d'anciennes stations de Moureaux. Les noms des stations nouvelles sont en *italiques* dans le Tableau des résultats. Les appareils utilisés, un théodolite magnétique Chasselon n° 79 et une boussole d'inclinaison Chasselon n° 4, ont été comparés aux appareils fondamentaux de l'Observatoire magnétique du Val-Joyeux.

Le Tableau suivant donne les éléments magnétiques (déclinaison, inclinaison et composante horizontale) rapportés au 1er janvier 1922.

TABLEAU.

Département.	D.	I.	H.	Situation magnétique.
Batz (Ile), Finistère	15°.10′,2	65°.23′,0	0,19472	presque calme
Bourbriac, Côtes-du-Nord	14.43,1	64.56,8	19603	calme
Brasparts, Finistère	14.55,2	64.54,0	19618	presque calme
Bréhat (*Ile*), Côtes-du-Nord	14.43,6	65.12,1	19389	presque calme
Brest, Finistère	15.11,1	65. 0,1	19608	presque calme
Callac, Côtes-du-Nord	14.52,7	64.54,1	19645	peu agitée
Carhaix, Finistère	14 50,3	64.49,3	19674	agitée
Chateauneuf-du-Faou, Finistère	14.58,6	64.48,7	19711	peu agitée
Corlay, Côtes-du-Nord	14.31,3	64.48,2	19668	agitée
Dinan, Côtes-du-Nord	14. 4,6	64.46,8	19672	calme
Erquy, Côtes-du-Nord	14.21,4	64.53,6	19591	peu agitée
Guingamp, Côtes-du-Nord	14.33,0	64.52,7	19616	presque calme
Huelgoat-Locmaria, Finistère	14.52,6	64.57,4	19624	presque calme
Lamballe, Côtes-du-Nord	14.17,4	64.48,4	19676	calme
Lannilis, Finistère	15.18,6	65. 6,9	19560	calme
Lannion, Côtes-du-Nord	14.35,5	64.53,8	19540	peu agitée
La Roche-Derrien, Côtes-du-Nord.	14.51,1	64.56,6	19349	calme
Le Conquet, Finistère	15.30,3	65. 1,5	19594	presque calme
Lesneven, Finistère	15.11,7	65. 6,8	19505	presque calme
Loudéac, Côtes-du-Nord	»	64.36,7	19884	calme
Matignon, Côtes-du-Nord	14.18,0	64.51,3	19614	agitée
Morlaix, Côtes-du-Nord	14.28,1	64.47,5	19665	D, H, peu agitée I, très agitée
Mur-de-Bretagne, Côtes-du-Nord.	14. 4,4	64.58,7	19544	calme
Ouessant-Creach (Ile), Finistère	15.35,7	65. 0,0	19503	presque calme
Ouessant-Kereller, Finistère	15.31,9	65. 3,0	»	presque calme
Ouessant-Stiff, Finistère	15.35,9	65. 7,4	19557	presque calme
Ouessant-Ville, Finistère	15.37,2	65. 0,2	19541	presque calme
Paimpol, Côtes-du-Nord	14.41,5	65. 5,6	19542	presque calme
Pléneuf, Côtes-du-Nord	14. 5,4	64.11,0	19348	peu agitée
Plestin-les-Grèves, Côtes-du-Nord.	»	65. 7,8	19525	calme
Plœuc, Côtes-du-Nord	»	64.49,1	19749	presque calme
Plouaret, Côtes-du-Nord	14.50,8	65. 2,7	19518	calme
Plouha, Côtes-du-Nord	14.23,7	64.45,4	19764	presque calme
Plouigneau, Finistère	14.55,1	65. 3,2	19459	agitée
Pontivy, Morbihan	13.52,1	64.40,2	19892	calme
Roscoff, Finistère	15. 4,7	65.13,9	19482	presque calme
Rostrenen, Côtes-du-Nord	14.41,9	64.43,7	19697	peu agitée
Saint-Brieuc, Côtes-du-Nord	14.29,6	64.39,5	19817	presque calme
Pointe Saint-Mathieu, Finistère	»	64.56,2	19585	peu agitée
Saint-Pol-de-Léon, Finistère	»	65. 9,8	19461	peu agitée
Tréguier, Côtes-du-Nord	14.46,9	65.26,8	19347	calme

Pour celles de ces stations qui sont d'anciennes stations de Moureaux, les différences entre les valeurs précédentes et les valeurs obtenues par Moureaux, rapportées au 1er janvier 1896, donnent les variations séculaires pendant cet intervalle de 26 années. Il est intéressant de comparer ces variations séculaires avec celles correspondant pour la même période au Val-Joyeux et à la région parisienne. Pour D, les variations séculaires trouvées ont comme valeur moyenne $-2°53',5$ (avec comme valeurs extrêmes $2°48'$ et $3°$); pour I, moyenne $-41'$ (valeurs extrêmes -33 et -47, en ne tenant pas compte de la valeur -29 correspondant à Batz, station pour laquelle j'ai dû faire les mesures assez loin du point de Moureaux); pour H, la moyenne est 28 unités du quatrième ordre (avec comme valeurs extrêmes 21 et 35, sauf pour Pontivy et Loudéac sur lesquelles je vais revenir). Pour le Val-Joyeux, les variations séculaires sont $-2°59'$, $-32'$ et 15, et M. Éblé a trouvé pour la région parisienne (où se trouve le Val-Joyeux) des moyennes $-2°58'$, $-32'$ et 14, qui coïncident très sensiblement avec les valeurs du Val-Joyeux (1).

Ainsi, si pour la déclinaison la variation séculaire est en Bretagne peu différente de ce qu'elle est dans la région parisienne, pour l'inclinaison elle est notablement plus grande, et pour la composante horizontale elle est beaucoup plus grande, environ le double. Ceci manifeste sur un exemple se rapportant à des distances assez faibles que la variation du champ magnétique terrestre dans le temps comporte une déformation de ce champ.

Cette déformation peut être insensible, pour une région peu étendue (par exemple la région parisienne étudiée par M. Éblé), mais elle se présente de manière manifeste si l'on compare les variations séculaires en des points plus éloignés, et elle apparaît dans les résultats des mesures de MM. Baldit et Dongier dans le sud et sud-est de la France (2).

Je pense que les écarts des variations séculaires que j'ai obtenues, particulièrement pour la composante horizontale, proviennent en partie d'une déformation du champ magnétique dans la région bretonne, qui est une des régions à plus forte anomalie magnétique en France. Ces écarts pour la composante horizontale dépassent les erreurs possibles dans les mesures, qui ont toutes été faites en double, sauf une (Batz).

On doit remarquer que, du fait que cette région présente de fortes anomalies magnétiques, les valeurs des éléments en des points peu éloignés

(1) L. Eblé, *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 494.

(2) A. Baldit, *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 827. — R. Dongier, *Ibid.*, p. 1430.

peuvent être notablement différentes; or, en plusieurs stations il n'a pas été possible d'opérer au point même désigné par Moureaux; il est donc possible que parfois l'évaluation de la variation séculaire soit troublée par le défaut de coïncidence exacte. C'est probablement ce qui s'est produit pour Pontivy et Loudéac, qui ont donné des évaluations de la variation séculaire de H très écartées de la moyenne, respectivement 48 et 18,5. Ces deux stations avaient été signalées par Moureaux comme très anormales, Pontivy par défaut et Loudéac par excès [1]; les valeurs obtenues pour les points où j'ai opéré sont moins anormales dans la distribution générale, d'où les valeurs divergentes des variations séculaires calculées. (M. Baldit a signalé un fait analogue pour Yssingeaux.) Il y aura à revenir sur l'ensemble des anomalies bretonnes quand auront été faites les mesures concernant les régions autres que celles visitées en 1922.

Quelles que soient les causes générales des variations séculaires du champ magnétique terrestre, les déformations de ce champ semblent bien nécessiter que dans ces causes interviennent des modifications dans la disposition ou les propriétés des couches sous-jacentes.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la température de l'air en Tripolitaine.* Note de M. **Filippo Eredia**, présentée par M. Ch. Lallemand.

Les données météorologiques publiées au sujet de la Tripolitaine sont peu nombreuses. Elles se réduisent, à peu près, à celles concernant Tripoli. Or on possède aujourd'hui d'autres observations concernant différents points de la Province. Elles portent seulement, il est vrai, sur de courtes périodes et, en particulier, pour la chaîne de montagnes formant le haut plateau, on n'a guère que les indications recueillies par les rares explorateurs ayant traversé la contrée.

Depuis 1913, j'ai publié dans le *Bollettino economico del Ministero delle Colonie* plusieurs Notes détaillées sur ces observations. Aujourd'hui, envisageant l'ensemble, je me propose de signaler quelques particularités du régime thermique de la région.

Le Tableau I ci-après donne, pour les différents mois, les températures moyennes déduites des maxima et minima journaliers. Comme je l'ai mon-

[1] Th. Moureaux, *Annales du Bureau Central météorologique pour* 1901, t. 1, B, p. 93 et 100.

tré dans les Notes susvisées, ces valeurs diffèrent peu de celles que l'on eût pu tirer d'observations quotidiennes multiples.

TABLEAU I. — *Températures moyennes mensuelles.*

Noms des localités.	Janv.	Févr.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°
Ifren.........	9,2	9,6	15,2	18,8	22,9	25,7	29,6	29,5	27,4	21,8	15,0	10,3
Nalut..........	6,7	8,2	15,2	17,7	23,3	26,1	29,2	27,7	25,9	21,2	15,3	8,1
Garian........	8,7	9,5	13,8	17,8	21,2	26,3	28,3	27,7	25,5	20,0	13,6	9,0
Tarhuna.......	10,9	12,6	15,5	17,9	21,9	24,9	28,1	27,6	24,9	21,5	16,1	11,4
Tripoli........	12,5	12,9	15,8	17,1	20,6	23,0	25,8	25,3	24,6	21,2	18,0	13,6

Comparées avec celles de Tripoli, les températures des autres localités accusent une variation annuelle beaucoup plus marquée entre le mois plus froid et le mois plus chaud; la différence est bien plus forte sur le haut plateau que sur la côte. A petite distance de celle-ci, les mois d'été sont notablement plus chauds et les mois d'hiver, beaucoup plus froids.

L'explication de ce fait se trouve dans la direction des courants atmosphériques prédominants aux diverses époques de l'année. Pendant les mois d'été, il souffle surtout des vents originaires du Sud, et, par suite très chauds; au contraire, en hiver, les courants septentrionaux l'emportent, et le froid, sur le haut plateau intérieur, se trouve encore accentué par l'expansion que subit la masse d'air affluant vers des régions de moindre pression barométrique.

Pour la variation quotidienne de la température, les différences, comme le montre le Tableau II ci-après, sont encore plus marquées, en raison des valeurs élevées atteintes par le thermomètre, en été, sur les hauts plateaux.

TABLEAU II. — *Amplitude moyenne de la variation quotidienne de la température.*

Noms des localités.	Janv.	Févr.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°
Ifren.........	10,4	11,5	15,4	16,6	16,6	17,3	16,6	16,9	14,9	12,7	11,7	9,1
Nalut.........	9,2	7,3	10,9	13,2	13,6	15,4	15,2	13,8	13,7	12,0	10,3	7,4
Garian........	7,9	7,6	10,6	13,2	16,0	16,8	15,6	13,2	13,6	12,0	9,4	7,1
Tarhuna.......	10,5	12,7	13,8	15,1	17,6	20,7	22,2	18,7	17,3	14,2	11,9	8,4
Tripoli........	6,9	7,0	7,4	7,7	7,4	7,3	7,1	7,2	7,6	7,3	7,7	7,3

A peu de distance de la côte se manifestent les conditions les plus favorables à la formation d'une région désertique. Ces seuls éléments ne suffiraient évidemment pas à caractériser complètement le climat de la Tripolitaine, mais on peut en induire que l'aire anticyclonique existant, selon toute

vraisemblance, dans l'intérieur de l'Afrique, se rapproche de la côte en été et s'en éloigne, au contraire, beaucoup durant l'hiver.

Il paraît également possible que des minima barométriques secondaires se forment, en Lybie, sous l'influence des fortes dépressions constatées dans les régions septentrionales d'Europe. Ces minima, dont parfois l'importance peut atteindre celle des minima relevés dans la Méditerranée du Sud, peuvent influer sur le climat de la basse Italie et spécialement sur celui des îles méridionales.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Nouveaux faits relatifs aux hybrides de Blés et d'*Ægilops. Note de M. L. **Blaringhem**, présentée par M. L. Guignard.

En juin 1920, j'ai réalisé la fécondation illégitime de plusieurs épis, castrés préalablement, de l'*Ægilops ovata* L. et de l'*Æ. ventricosa* Tausch avec le pollen de l'Engrain (*Triticum Monococcum* L.), espèce très différente de tous les autres Blés, dont j'ai fait le sous-genre *Monococcum* ([1]). La réussite est rare et, sur 30 fleurs fécondées, je n'obtins que 4 fruits dont un seul germa en donnant une plante vigoureuse, rappelant l'*Ægilops speltœides* et complètement stérile. En 1921, les mêmes épreuves ne donnèrent guère de meilleurs résultats; sur 40 fleurs castrées de diverses plantes *ovata* et *ventricosa*, je n'obtins que 2 plantes hybrides *ovata* × *monococcum* et 1 *ventricosa* × *monococcum*, qui, en 1922, avaient la taille de 80^{cm}, fleurirent très longtemps et restèrent tout à fait stériles, malgré l'apport, répété durant plus d'un mois, des pollens des parents et de divers autres *Triticum*. En 1921 aussi, j'avais tenté deux séries de fécondations d'*Ægilops ovata* castrés par les pollens de *Secale cereale* L. et d'*Haynaldia villosa* Schur.; cette dernière Graminée sauvage, sporadique, avait été récoltée à Bastia (Corse).

Les essais furent repris méthodiquement en 1922; malheureusement je n'ai pu avoir de pollen *Monococcum* à point à la floraison des *Ægilops;* la principale difficulté de ces épreuves est d'obtenir, sous le climat de Paris, la simultanéité de maturation des éléments sexuels; en revanche, j'ai réalisé de nombreuses pollinisations avec *Haynaldia*, *Secale* et divers *Triticum :*

([1]) *Valeur spécifique des divers groupements de Blés* (*Mémoires du Laboratoire de Biologie agricole de l'Institut Pasteur*, 1914, 100 pages, 12 figures et 2 planches).

a. Croisements avec Haynaldia villosa Schur; tous négatifs, tant avec *Æ. ovata* qu'avec *Æ. ventricosa;* je n'ai pas constaté le plus léger gonflement d'ovaires.

b. Croisements avec Secale cereale L.; 20 fleurs d'*Æ. ovata* provenant de 4 plantes et 15 fleurs d'*Æ. ventricosa* (3 plantes) ont été couvertes d'abondant pollen de Seigle après castration; toutes les fleurs avortèrent, sauf 2 d'un même épi *ventricosa* qui renferment à la récolte deux ovaires très gonflés ($3^{mm},8$ de long et $1^{mm},5$ de large) mais ridés, presque vides et ne laissant aucun espoir de germination. Le pollen du Seigle est manifestement actif.

c_1. *Croisements avec divers* Triticum *de l'Ægilops ovata :*

20 fleurs, de 4 plantes différentes, sont pollinisées avec *Tr. Spelta* T. après castration; j'en obtiens, sur 2 épis, une bonne graine et 3 ovaires gonflés, ridés, du type de ceux fournis par le pollen de Seigle; ceux-ci pèsent respectivement 8, 5 et 4^{mg}; le grain bien mûr (longueur : $6^{mm},5 \times$ largeur : $1^{mm},2 \times$ épaisseur $1^{mm},1$ pèse 19^{mg});

23 fleurs, de 5 plantes différentes, pollinisées par *Tr. vulgare* (Blé de Bordeaux) donnent un seul grain, bien venu quoique de couleur terne (dimensions $6 \times 1,4 \times 1,3$ et poids 20^{mg});

19 fleurs de 4 plantes différentes, sont fécondées par le pollen de la *Pétanielle de Nice* (*Tr. vulgare* $\times$ *durum*); deux épis donnent 4 grains, ambrés, bien formés (dimensions $6 \times 1,4 \times 1,3$; poids total 76^{mg}), légèrement plus gros et plus lourds que ceux de l'*Æ. ovata*.

c_2. *Divers* Triticum *avec* Ægilops ventricosa *Tausch*. — Cette dernière espèce a des graines plates, étalées, caractéristiques; dans le même épillet, lorsqu'il se forme deux graines, l'une est longue, l'autre courte (6 et 3^{mm}) de même largeur ($2^{mm},5$); les glumelles paléacées adhèrent fortement aux grains; *ces caractères sont disparus ou atténués dans les hybrides.*

24 fleurs, de 5 plantes différentes, pollinisées par *Tr. Spelta* T donnent, sur 3 épis, 9 grains bien formés (de $6 \times 3 \times 2$ à $3 \times 1,5 \times 1^{mm},5$). Le plus gros pèse 21^{mg}; il est bombé et diffère complètement des grains de la mère; les 8 autres donnent un poids total de 49^{mg}, comparable, ou légèrement inférieur, à celui des *ventricosa;*

20 fleurs, de 4 plantes différentes, sont pollinisées avec *Monococcum* $\times$ *durum*, hybride stable que je cultive depuis 1911. *Tous les épis ont donné des grains*, au total 13, tous gros, bombés, courts, sauf 2 qui sont plats comme *ventricosa;* le plus gros ($5,5 \times 3 \times 2,5$) pèse 32^{mg}; le plus petit a $4 \times 3 \times 1^{mm},5$ et l'ensemble pèse 270^{mg}. Tous ces grains sont en parfait état; leur forme, leur couleur, leur poids trahissent manifestement leur origine hybride (Xénie).

La possibilité de croiser *Ægilops ovata* avec certains *Triticum* (Touzelle de Provence) est bien connue depuis les expériences de Fabre d'Adge et les discussions relatives à l'origine de l'*Ægilops speltæformis* de Jordan [1]; ici, il n'est question que de l'*Æ. ovata* et d'un Blé provençal, sans doute hybride

(1) L. BLARINGHEM, *Les Problèmes de l'hérédité expérimentale*, 1919, p. 100-111.

de *vulgare* et *durum*. Grenier et Godron (*Flore de France*, III, p. 601) citent encore l'hybride entre *Æ. triaristata* et *Tr. vulgare* sans indiquer de détails. Je suis le premier, je crois, à avoir réalisé l'hybride entre *Ægilops ventricosa* Tausch et divers *Triticum*.

Les essais décrits montrent, de plus, que le pollen du genre *Haynaldia* est sans effet sur les ovaires d'*Ægilops*; que celui du *Secale* au contraire agit, à certain degré, comme les pollens des *Triticum*.

Monococcum, *Tr. vulgare* et *Tr. Spelta* fécondent difficilement, mais à des taux comparables, *Ægilops ovata* et *Æ. ventricosa*.

La réussite la plus inattendue est celle de la fécondation presque totale des ovaires *Æ. ventricosa* par le pollen de mon hybride *Monococcum* × *durum*; les résultats sont comparables à ceux qu'on obtient dans les croisements de deux *Triticum vulgare* entre eux. De plus, dans cette série, l'influence directe du pollen (Xénie) sur l'embryon est manifeste.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Dissociation de l'hybride : Orge noire à barbes lisses × Orge Albert.* Note de M. **H. Colin** et Mlle **Y. Trouard-Riolle**, présentée par M. Guignard.

Caractères et fluctuations des parents. — L'orge Albert est une orge vêtue, à 6 rangs, blanche, rugueuse, d'une homogénéité parfaite.

L'orge noire qui nous a servi est vêtue également et à 6 rangs; elle a le grain noir, les barbes noires, lisses sauf à l'extrémité; elle nous a été confiée par M. Meunissier et appartenait probablement à la forme algérienne *Hordeum ciorhyncum* [1]. Dans nos cultures, nous n'avons jamais observé de retour au type rugueux; les fluctuations portent sur la couleur des barbes qui grisonnent plus ou moins; on peut rencontrer quelques barbes complètement blanches; les grains blancs sont toujours atrophiés.

Hybrides. — En 1920, sur 4 épis noirs fécondés par du pollen d'orge Albert, on obtint 20 grains hybrides, de couleur noire ou plutôt grisâtre.

Première génération F_1. — Quatorze de ces grains germèrent et donnèrent, en 1921, une descendance de 77 épis.

On affirme habituellement que, dans des croisements semblables, les deux

---

(1) D'après Vavilov, il est possible d'obtenir des orges *lisses* en croisant diverses variétés d'orges *rugueuses*; le type lisse apparaît en F_2 ou seulement en F_3.

caractères noir et rugueux sont dominants [1]. De fait, nous avons récolté des épis noirs rugueux tout à fait typiques, mais en petit nombre, exactement 11 sur 77. L'ensemble manque d'homogénéité.

Le caractère noir est dominant et l'on ne trouverait pas, en F_1, un seul grain blanc bien formé; mais les barbes sont noires, grises ou blanches; souvent, sur un même épi, barbes blanches et barbes noires s'entremêlent.

Pour ce qui est du caractère rugueux, il ne domine pas, en F_1, au point qu'il n'existe aucun épi à barbes lisses; on obtient, au contraire, des épis complètement lisses, d'autres où les barbes lisses se mêlent aux barbes rugueuses, d'autres encore dont les barbes sont rugueuses sur la moitié de leur longueur ou sur les bords seulement; cela sans qu'il y ait de relation entre la rugosité et la couleur des barbes.

Tous ces résultats sont consignés dans le Tableau ci-dessous où les épis sont classés d'après la rugosité et la couleur des barbes, étant bien entendu que partout le grain reste noir.

Première génération.

Numéro des hybrides.	Rugueux.		Intermédiaires lisses et rugueux.	Lisses.	
	Barbes noires.	Barbes noires et blanches.	Barbes blanches ou grises, ou blanches et noires.	Barbes blanches ou grises, ou blanches et noires.	Barbes noires.
a......	0	2	1	0	0
b......	2	1	4	1	0
c......	0	0	0	2	0
d......	0	1	0	0	5
e......	1	0	1	1	3
f......	0	0	0	0	1
g......	1	1	0	0	0
h......	4	5	5	0	0
i......	0	3	0	0	0
j......	0	3	1	3	0
k......	2	1	0	0	0
l......	0	0	5	1	3
m......	0	0	1	7	0
n......	1	0	1	1	2
Totaux.... 14	11	17	19	16	14

[1] M. Meunissier, au cours d'expériences faites à Verrières de 1907 à 1916, l'a toujours vérifié.

On ne manquera pas d'observer que la descendance d'un même grain hybride, loin d'être homogène, peut comprendre des épis lisses et des épis rugueux, des épis blancs et des épis noirs.

Les types les plus curieux, en F_1, sont des épis dont les grains restent noirs, mais d'un noir très atténué, tandis que les barbes sont toutes blanches et parfaitement lisses; la forme lisse à grains blancs, recherchée par l'agriculture, fait complètement défaut en F_1 et n'apparaîtra qu'en F_2 dans la descendance des épis noirs rugueux.

Deuxième génération, F_2. — En 1922, on choisit 16 épis de première génération appartenant aux types les plus divers; 25 grains furent prélevés sur chacun d'eux; on récolta 581 épis.

Tous les grains provenant d'épis lisses, quelle que soit la teinte des barbes, ont donné en F_2 des épis lisses, gris ou noirs, comme si la dissociation était accomplie dès F_1.

Seuls, les grains prélevés sur des épis rugueux permettent d'observer la dissociation mendélienne des caractères; dans leur descendance, on arrive à distinguer les neuf combinaisons classiques qui sont ici :

Épis noirs............	rugueux	lisses	lisses-rugueux.
Épis gris..............	rugueux	lisses	lisses-rugueux.
Épis blancs...........	rugueux	lisses	lisses-rugueux.

A côté de types très nets, il en est d'intermédiaires qui par des différences insensibles relient les unes aux autres les formes précédentes.

Conclusion. — Lorsqu'on dit que les caractères noir et rugueux sont dominants et que les épis noirs et rugueux en F_1 se dissocient en F_2 en donnant les combinaisons prévues par Mendel, on ne fait qu'énoncer un résultat schématique propre à diriger le généticiste dans la recherche des types les plus remarquables. En réalité, les faits sont beaucoup plus complexes. On observe, dès F_1, la disjonction des caractères, plus accusée encore que dans l'exemple de Naudin (¹), *Datura Stramonium* × *Datura lævis;* en F_2, la proportion des épis noirs lisses est écrasante et les combinaisons mendéliennes se trouvent disséminées parmi d'autres formes en grand nombre où l'on peut découvrir tous les types intermédiaires.

(¹) NAUDIN, *Comptes rendus*, t. 44, 1859, p. 616.

BOTANIQUE. — *Régénérescence de la Pomme de terre par la greffe.* Note de M. **Lucien Daniel**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Dès 1902 (1), j'ai montré que, dans des cas exceptionnels, on pouvait infuser une vitalité nouvelle à des pousses en voie de décrépitude sénile chez le *Scopolia* en les greffant sur de jeunes Tomates et leur faire donner ainsi une seconde floraison.

Poursuivant mes recherches dans cet ordre d'idées, j'ai greffé des Tomates et des Belladones sur Pomme de terre et constaté que les tubercules de celle-ci présentaient des différences de turgescence, de résistance et de précocité plus ou moins prononcées par rapport à ceux de la variété cultivée comparativement franche de pied. De même, des greffes inverses de Pomme de terre sur jeunes Aubergines et sur jeunes Tomates m'ont fourni, dans certains cas, des tubercules aériens de belle venue et plus résistants que les tubercules du type non greffé. Ayant ensuite planté ces tubercules aériens, je constatai, chez la plupart de ces pieds, une conservation de la résistance acquise, accompagnée de différences de précocité parfois très prononcées (2).

Dans ces dernières années, j'ai repris ces expériences en vue de trouver un moyen pratique de lutte contre les maladies et la dégénérescence de nos Pommes de terre cultivées qui causent aujourd'hui de sérieuses inquiétudes en France et à l'Étranger. En 1919, j'ai planté 100 tubercules aériens de la Flucke de Saint-Malo greffée sur Aubergine et sur Tomate; cette variété, adaptée au climat maritime et aux terrains siliceux des bords de la mer, dégénère vite à Rennes et à l'intérieur.

Ces 100 tubercules fournirent des plantes qui, plus ou moins précoces suivant les exemplaires, se montrèrent résistantes. Trois d'entre elles offrirent la particularité singulière de donner à la fois des tubercules aériens et des tubercules souterrains, tout en gardant par ailleurs les caractères de la Fluke (3).

---

(1) Lucien Daniel, *Sur une modification produite par la greffe chez le* Scopolia carniolica (*Comptes rendus*, t. 135, 1902, p. 481).

(2) Lucien Daniel, *Nouvelles recherches sur les greffes herbacées*, in-8°, 100 pages et 54 planches. Rennes. 1913.

(3) Lucien Daniel, *Recherches sur la greffe des* Solanum (*Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 1074).

Voulant juger de l'hérédité de ce caractère, je plantai tous les tubercules, aériens ou souterrains, de ces trois pieds, au mois de mars 1921. La sécheresse exceptionnelle de l'été empêcha la formation de tubercules aériens, mais je constatai que six des nouveaux pieds avaient pris un développement extraordinaire et portaient au début d'octobre des tiges vertes et feuillées de 1^m de long et grosses de plus de 1^{cm}.

Je recueillis à la fin d'octobre les tubercules de ces pieds tardifs et sans trace de maladie; ces tubercules étaient plus gros que ceux des témoins, plus lisses, résistants et d'excellent goût.

En 1922, j'ai planté comparativement les tubercules des deux plus beaux exemplaires et des tubercules provenant des autres pieds qui n'avaient pas varié de façon sensible, afin de voir si l'aptitude à former des tubercules aériens avait totalement disparu. J'ai constaté que la variété nouvelle, tardive et vigoureuse, a montré une remarquable uniformité de production et de résistance malgré les conditions climatologiques défavorables de 1922.

Quant aux exemplaires ayant fait retour à la forme primitive, un seul d'entre eux a donné à la fois des tubercules aériens et des tubercules souterrains. Cette variation est donc exceptionnelle et je me propose de voir si elle sera fugace ou définitive en plantant cette année tous les tubercules de cet exemplaire. Des tubercules aériens provenant de greffes de Fluke sur Tomate, récoltés en 1921 et plantés en 1922, n'ont fourni aucun pied à tubercules aériens, mais la résistance de tous les exemplaires s'est montrée supérieure à celle des témoins.

Ces résultats permettent de conclure que le greffage de la Fluke sur Solanées jeunes est un moyen de régénérer, pendant un temps dont la durée est à déterminer expérimentalement, cette variété de Pomme de terre et de l'aider dans la lutte contre les maladies qui l'atteignent; c'est aussi un moyen d'obtenir accidentellement des variétés nouvelles. Il est très probable que les résultats varieront suivant les hypobiotes ou sujets sur lesquels on placera la Fluke, les épibiotes qui lui serviront de support, comme aussi avec les variétés de Pomme de terre dont on pourra se servir. Je me propose cette année de faire de nouveaux essais dans ces directions.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Compensation accommodative du chromatisme de l'œil. Insuffisance de la théorie de d'Alembert.* Note de M. **A. Polack**, présentée par M. J.-L. Breton.

On sait que, pour notre œil, la dispersion des foyers rouge et bleu violet, correspondant respectivement aux raies C et G du spectre, est évaluée à $0^{mm},6$ environ. Cela fait qu'un œil, emmétrope en lumière rouge, est myope à peu près de 2 dioptries en lumière bleu violet.

Pour expliquer comment, dans ces conditions, nous voyons distinctement à la lumière blanche, on admet, depuis d'Alembert, que nous accommodons sur les radiations moyennes du spectre visible ou, plus exactement, sur le cercle de diffusion commun aux radiations rouges et violettes, ce qui réaliserait en quelque sorte un achromatisme fonctionnel.

Aucune démonstration n'a été faite de cette ingénieuse théorie. Les auteurs font bien remarquer, par une figure demeurée classique, que, dans le plan de croisement des rayons rouges avec les violets, le faisceau lumineux présente son plus petit diamètre; mais celui-ci, calculé pour une ouverture pupillaire de 5^{mm}, sous-tend un angle de plus de 15'; il est donc trop grand pour correspondre à l'acuité visuelle habituelle de l'œil normal, et la preuve est insuffisante. On a cherché à donner une démonstration, en faisant intervenir, comme facteur adjuvant, le mode de distribution de la lumière à la surface de la tache de dispersion. Le calcul et mieux encore les courbes, établies par points [1], montrent que, dans la mise au point sur les radiations brillantes du spectre, la lumière décroît très rapidement du centre à la périphérie de cette tache chromatique, et qu'il se produit ainsi une démarcation assez nette entre l'image proprement dite et le halo aberrant.

Ce fait suffit à lui seul pour expliquer la définition des images rétiniennes; on ne peut que l'amoindrir en l'associant à l'hypothèse d'une accommodation sur les radiations moyennes, car celle-ci ne lui est pas aussi favorable que l'accommodation sur les radiations jaunes, physiologiquement les plus lumineuses du spectre.

Voici l'expérience qui le montre :

---

(1) *Bulletin de la Direction des Recherches et des Inventions*, Paris, 1922, p. 354.

Devant une source lumineuse blanche, uniforme, je dispose un écran opaque, percé de deux trous d'épingle avec un intervalle qui, à la distance voulue, sous-tend un angle d'une minute.

Les deux points lumineux ainsi obtenus forment leur image sur la glace dépolie d'un appareil photographique, muni d'un objectif spécial. Dans cet objectif, les aberrations sphériques sont corrigées avec le plus grand soin, tandis que l'aberration chromatique est au contraire augmentée et dépasse sensiblement celle de l'œil, grâce à la substitution dans les lentilles du flint au crown et inversement. Toutefois, les plans principaux, correspondant aux diverses couleurs sont superposés; de cette façon la dispersion ne s'étale pas suivant une ligne, mais forme dans toutes les incidences des cercles bien centrés.

En variant le tirage de la chambre noire, on peut placer la glace dépolie dans le plan d'intersection des radiations choisies. Lorsqu'on l'amène dans le plande d'Alembert, c'est-à-dire dans celui où les radiations violettes se croisent avec les rouges, on obtient une définition relativement médiocre de l'image. Les deux points lumineux se dessinent en vert clair, au centre de deux cercles de dispersion, en grande partie superposés, mais leur image est noyée dans un halo de lumière vert jaunâtre, assez vive pour effacer l'intervalle entre les points et troubler la netteté. Ce halo lumineux est entouré d'un large liseré pourpre dans lequel il passe par une transition insensible.

Si l'on cherche à obtenir la meilleure définition possible de l'image, en variant par tâtonnement la mise au point, on constate que, pour arriver à ce résultat, il faut placer la glace dépolie dans le plan d'intersection des radiations jaunes. C'est dans ce plan que les deux points lumineux donnent, au centre des cercles de dispersion, l'image la plus brillante qui se détache nettement en jaune blanchâtre sur le fond d'un très petit halo orangé foncé, entouré lui-même d'une bordure verte, bleue et violette, large et peu éclairée. Lorsque la glace dépolie quitte cette position, en se déplaçant soit vers le foyer vert, soit vers le foyer orangé, l'éclat du centre ou de l'image proprement dite, diminue; mais, dans le premier cas, le halo lumineux s'éclaircit et devient préjudiciable à la définition de l'image, tandis que dans le second il s'assombrit, au contraire, et contre-balance plus ou moins la diminution d'éclat du centre.

Il ressort de cette expérience que les conditions les plus favorables à la définition des images sont réalisées dans la mise au point sur les radiations jaunes ou orangées. C'est donc sur ces radiations que nous devons accommoder, si l'on admet que la vision distincte dépend du rapport d'éclat entre les bords de l'image et le halo aberrant. Mais on peut avoir une autre conception du mécanisme de la vision distincte.

Comme l'a déjà indiqué Jurin, celle-ci n'exige pas une homocentricité parfaite du faisceau lumineux, c'est-à-dire une netteté absolue des images rétiniennes, mais tolère des cercles de diffusion, dont le diamètre apparent ne dépasse pas une minute. Dans ce cas, il est intéressant de relever dans mes expériences l'observation suivante :

La tache chromatique, résultant de la dispersion d'un point de lumière blanche, se laisse diviser facilement en deux zones différentes, l'une centrale claire, composée, comme on peut le voir à la loupe, de l'image proprement dite et du halo lumineux qui l'entoure immédiatement, l'autre plus périphérique et notablement plus sombre. Or, fait important, la surface de la zone centrale claire varie suivant la mise au point; elle présente son plus petit diamètre dans le plan d'intersection des radiations orangé jaune; elle augmente graduellement à mesure que l'on avance la glace dépolie vers l'objectif et atteint déjà dans le plan, où se croisent les radiations moyennes (plan de d'Alembert), une étendue plusieurs fois supérieure à celle du cercle de diffusion toléré.

Il est plus que probable que les choses se passent de la même façon dans l'œil, étant donnée sa faible dispersion partielle entre C et D qui ne paraît pas atteindre le dixième de la dispersion totale et les effets d'absorption sélective du pigment jaune de la macula, d'une importance fonctionnelle considérable (1).

Les conditions de Jurin, qui ont d'ailleurs inspiré la théorie de d'Alembert, se trouveraient donc le mieux réalisées par l'accommodation sur les radiations orangé jaune.

Quant à la coloration irisée des contours, les épreuves sur plaques autochromes montrent clairement qu'elle passe le plus facilement inaperçue dans la mise au point sur ces mêmes radiations.

Il résulte de tout ce qui précède que la meilleure compensation accommodative du chromatisme de l'œil est obtenue par la mise au point sur les radiations jaunes ou orangées et nullement sur les radiations moyennes du spectre visible, comme le veut la théorie de d'Alembert et comme l'enseignent encore les traités modernes.

PHYSIOLOGIE. — *Rapports entre la résistance de l'organisme aux poisons et la modification rapide du réflexe oculo-cardiaque (contribution à l'antianaphylaxie).* Note de MM. **L. Garrelon** et **D. Santenoise**, présentée par M. Charles Richet.

On admet généralement que l'organisme se défend contre les substances étrangères introduites dans le sang par la neutralisation de ces substances

(1) *Rôle physiologique du pigment jaune de la macula* (*Comptes rendus*, t. 143, 1906, p. 850).

et par leur élimination. Or les recherches que nous poursuivons depuis plusieurs années, nous ont conduits à attribuer en outre un rôle important, dans les mécanismes de défense, au système nerveux de la vie organo-végétative.

Dans diverses Communications nous avons montré d'abord que les animaux en expérience résistent à une injection déchaînante s'ils présentent un réflexe oculo-cardiaque nul ou inversé au moment de l'injection. Nous avons vu, de même, l'organisme présenter une remarquable résistance aux poisons cristalloïdes, si, au moment de la pénétration du toxique, dans le système circulatoire ce réflexe est peu accentué.

Nous nous sommes alors demandé si, dans la lutte contre les substances nocives, l'organisme ne se défendait pas par une modification rapide de son tonus neuro-végétatif.

Reprenant nos expériences avec la peptone, le cyanure double de zinc et de potassium, la strychnine, et diverses autres substances plus ou moins toxiques, nous avons suivi de très près le tonus neuro-végétatif et ses variations après l'injection de telle ou telle de ces substances dans la veine saphène.

Nous avons continué à mesurer l'excitabilité vago-sympathique à l'aide du réflexe oculo-cardiaque.

Avec la peptone nous avons vérifié les faits en partie signalés par nous dès novembre 1921. L'injection d'une dose moyenne de peptone chez un animal à réflexe oculo-cardiaque net, est toujours suivie d'une modification du tonus neuro-végétatif, c'est-à-dire de la disparition et même quelquefois de l'inversion du réflexe oculo-cardiaque. Cette modification est plus ou moins rapide suivant les sujets. Mais nous avons remarqué que les manifestations morbides sont d'autant plus courtes que l'animal modifie plus vite son réflexe oculo-cardiaque.

L'emploi du cyanure double de zinc et de potassium nous a conduits aux mêmes constatations. L'injection d'une dose moyenne est toujours suivie de la disparition ou de l'inversion du réflexe oculo-cardiaque. La reprise respiratoire est d'autant plus rapide que le tonus neuro-végétatif a été plus rapidement modifié.

Nous avons même, fait d'apparence paradoxale au premier abord, observé plusieurs fois la survie des animaux très vagotoniques, c'est-à-dire très sensibles, au moment de l'injection du toxique : mais chez eux l'inversion du réflexe oculo-cardiaque a été extrêmement rapide, car une ou deux minutes après l'injection, la compression des globes oculaires produisait une accé-

lération du rythme cardiaque, et cette modification du tonus neuro-végétatif était suivie d'une reprise rapide de la respiration et de la survie de l'animal.

Chez un chien, à système neuro- végétatif particulièrement souple, nous avons pu à la suite d'une injection de cyanure ($0^g,003$ par kilogramme) pratiquer successivement à un quart d'heure d'intervalle, trois injections de $0^g,01$ de pilocarpine, sans jamais pouvoir obtenir la mort. Les accidents caractéristiques de l'action nocive du cyanure sur le système nerveux se reproduisaient aussitôt après chaque injection de pilocarpine, mais étaient de très courte durée (1 minute à 1 minute et demie) : à l'hypervagotonie due à l'action excitante de la pilocarpine sur le parasympathique, succédait très rapidement une hypovagotonie, coïncidant avec la résistance de l'organisme et la reprise respiratoire.

Nous avons constaté des résultats semblables avec la strychnine, dont l'injection est suivie de la disparition du réflexe oculo-cardiaque.

De plus, chez un animal auquel nous avons injecté $0^g,003$ de cyanure par kilogramme et chez qui s'était produite la reprise respiratoire, nous avons pu injecter de nouveau, quelques minutes après, une nouvelle dose de cyanure (0,002 par kilogramme) sans obtenir d'accident, comme si à la faveur de l'inversion du tonus neuro-végétatif consécutive à la première injection de poison, s'était constitué un état de résistance comparable en tous points aux états d'antianaphylaxie. Nous avons en effet vérifié l'hypothèse émise par nous dès 1921 sur la relation entre la modification de l'excitabilité vago-sympathique et les procédés de préservation contre le choc. De même que l'injection d'une faible dose de peptone est suivie d'une phase réfractaire d'hypovagotonie, les injections de subtances diverses, novarsenobenzol, chlorure de sodium, carbonate de soude, provoquent une modification du tonus neuro-vegétatif, caractérisée par la diminution, la disparition, ou l'inversion passagère du réflexe oculo-cardiaque. C'est au cours de cette phase d'hypovagotonie que l'injection d'une substance habituellement déchaînante ne provoque pas de phénomènes de choc.

Moins la substance injectée est toxique, plus la dose nécessaire à l'inversion du tonus est élevée, et plus lente est la modification de ce tonus.

Conclusions. — Ces expériences, confirmant ce que nous avions signalé, à savoir que les états où le réflexe oculo-cardiaque est peu marqué, nul ou inversé, sont des états de résistivité, nous montrent de plus que, toutes les fois que le milieu intérieur est modifié par la pénétration d'une substance

étrangère, la résistance de l'organisme est marquée par une inversion du tonus neuro-végétatif, avec diminution, suppression ou inversion du réflexe. La résistance semble d'autant plus efficace que le système neuro-végétatif est plus souple, c'est-à-dire capable d'une inversion rapide.

C'est par cette inversion de tonus qu'on peut expliquer la production de l'antianaphylaxie.

Passant de la physiologie expérimentale à la pathologie générale, on peut se demander si l'organisme ne réagit pas de même à l'égard des toxines microbiennes et si, à côté de la production d'anticorps, l'organisme ne possède pas par un système nerveux végétatif souple et actif, un remarquable moyen de défense. Les phases d'hypovagotonie fréquentes au cours des maladies infectieuses seraient une des manifestations de la lutte de l'organisme, contre les toxines microbiennes. Ainsi nous voyons se rapprocher par un ensemble d'analogies curieuses, les réactions de l'organisme à l'introduction d'un poison du système nerveux ou d'une substance provoquant un choc anaphylactique : mêmes conditions de manifestation (vagotonie), mêmes réactions du système neuro-végétatif, mêmes procédés de défense (hypovagotonie). Ainsi pourraient peut-être s'expliquer la non-spécificité de l'anaphylaxie et surtout de l'antianaphylaxie.

HISTOLOGIE. — *Contribution à l'histologie comparée du muscle strié.* Note (¹) de M. **Marc Romieu**, présentée par M. Ch. Gravier.

On admet classiquement avec Rhode, M. Jourdan et le professeur Prenant (²) que les muscles des Annélides Polychètes sont le plus souvent des muscles lisses. Un certain nombre d'auteurs comme Schwabe, Rhode, Mettenheimer, ont signalé cependant une striation doublement oblique chez quelques types, l'*Arenicola* et la *Nereis*. Une striation transversale vraie des muscles du corps a même été observée dans quelques cas, par Emery chez la *Nephthys*, par M. Jourdan chez la *Protula intestinum* et par M. A. Prenant dans certains muscles de la tête des Syllidiens (³). Or, j'ai

(¹) Séance du 12 mars 1923.

(²) A. Prenant *Problèmes cytologiques généraux soulevés par l'étude des cellules musculaires* (*Journ. de l'Anatomie et de la Physiologie*, 1911 et 1912, et *Archives de Zool. expér. Notes et Revues*, 1905).

(³) *C. R. Soc. Biologie*, t. 55, 1903.

trouvé parmi les Polychètes un exemple qui me semble offrir un réel intérêt, en ce que toutes les fibres musculaires du corps sont des fibres striées de type complexe, c'est la *Magelona papillicornis* O. F. Müller.

1° *Muscles obliques* (*fig.* 3 et 4). — Examinés sur une coupe transversale du corps, les muscles obliques m'ont montré une striation vraie des plus nettes, avec membranes Z bien marquées, se continuant avec les membranes fondamentales du sarcoplasme. Les membranes fondamentales apparaissent ici chargées de grains arrondis qui ont la valeur de sarcosomes. Elles vont s'insérer à la périphérie de la cellule sur un sarcolemme d'une grande minceur.

Sur la figure 3 on se rend compte que les muscles striés de la *Magelona* ont des faisceaux présentant la disposition « en chevrons » décrite par M. Marceau dans le muscle adducteur des Acéphales. La partie gauche de la figure 3 montre l'aspect spécial des faisceaux en contraction.

La figure 4 qui représente l'extrémité ventrale des mêmes muscles est intéressante à considérer, car on y retrouve plusieurs autres types décrits par Marceau chez les Mollusques, y compris « la striation doublement oblique grossière et irrégulière ». On voit en effet dans la partie haute de la figure cet aspect de points colorables disposés en quinconce un peu irrégulière.

2° *Muscles périœsophagiens* (*fig.* 5). — J'ai noté chez la *Magelona* l'existence de fibrilles hétérogènes, même dans les muscles circulaires qui entourent l'œsophage. C'est un fait à rapprocher de ce qu'on observe fréquemment dans les muscles viscéraux des Arthropodes.

3° *Muscles longitudinaux* (*fig.* 1 et 2). — Les muscles longitudinaux de la *Magelona* sont des muscles lamelleux à sarcoplasme extérieur, ressemblant beaucoup sur les coupes transversales aux muscles longitudinaux de l'*Ascaris megalocephala* et assez différents de ceux de la majorité des Polychètes. Le corps sarcoplasmique de ces fibres a été interprété à tort par Mac-Instosh [1] comme des cellules granuleuses indépendantes. Ces fibres sont assez longues. Elles occupent toute l'étendue d'un segment.

Étudiant ces muscles en coupe longitudinale, j'ai constaté que leurs fibrilles aussi étaient striées, mais je n'ai pu voir avec certitude s'il y avait des membranes Z.

4° *Muscles vasculaires* (*fig.* 6). — La paroi du large vaisseau dorsal est très épaisse dans la portion antérieure du corps. Ses fibres rappellent en plus petit les fibres longitudinales étudiées ci-dessus. Dans la lumière de ce vaisseau on observe des hématies minuscules anucléées comparables à celles des Mammifères, ce qui est un cas unique chez les Invertébrés [2].

---

(1) Mac Intosh, *Proc. R. Soc.*, t. 25, 1877.

(2) Voir à ce sujet Romieu, *Recherches histophysiologiques sur le sang et sur le corps cardiaque des Annélides Polychètes* (*Arch. Morph. exp. et gén.*, fasc. 17, p. 1-334, avec 7 planches dont 2 en couleurs. Doin, Paris, 1923).

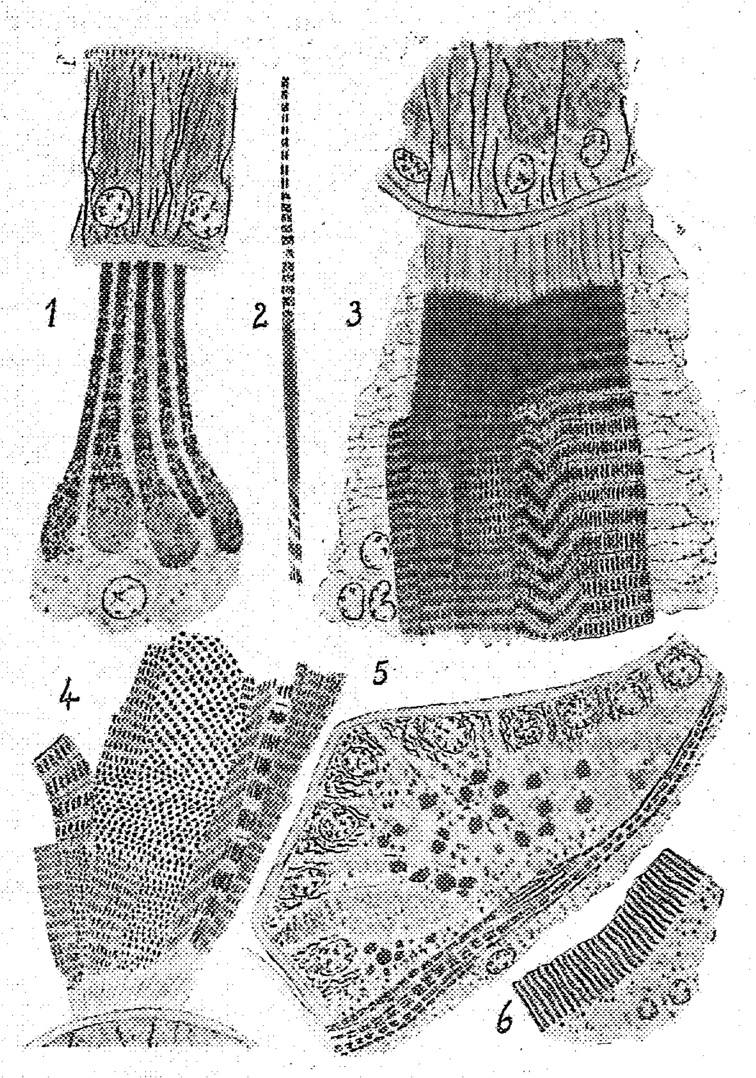


Fig. 1. — Muscles longitudinaux de la *Magelona papillicornis* en coupe transversale (Bouin, Hématoxyline ferrique, Stiass. oc. 2, obj. imm. 1/12e).

Fig. 2. — Fibrille de muscle longitudinal de *Magelona* en coupe longitudinale (*Idem*).

Fig. 3. — Muscle oblique de *Magelona* (portion dorsale). Vue longitudinale sur une coupe transversale de la partie antérieure du corps (*Idem*).

Fig. 4. — Muscle oblique de *Magelona* (portion ventrale). Vue longitudinale sur une coupe transversale de la partie antérieure du corps (*Idem*).

Fig. 5. — Portion du pharynx de *Magelona* en coupe transversale. Les fibres circulaires périœsophagiennes montrent une striation transversale (*Idem*).

Fig. 6. — Portion du vaisseau dorsal de *Magelona* en coupe transversale (*Idem*).

On voit donc que la *Magelona* est intéressante à bien des égards. Presque tous ses muscles sont striés, ce qui est en opposition avec ce qu'on rencontre chez le plus grand nombre des Polychètes.

En somme, il résulte des observations ci-dessus exposées que les types divers de striation décrits par M. Marceau dans le muscle adducteur des Acéphales (de l'*Anomia* en particulier) se retrouvent chez les Polychètes où on peut les rencontrer réunis sur une même fibre (*fig.* 3 et 4). Ils doivent être interprétés comme des états divers de contraction de fibrilles hétérogènes, combinés à une vue plus ou moins oblique. Ce sont donc de simples aspects d'une striation transversale vraie de type complexe, ce qui me semble en opposition avec les vues de M. Anthony (¹).

Par leur striation, les muscles de la *Magelona* méritent d'être rapprochés de ceux des Arthropodes quoique les cases musculaires soient plus basses que chez ces derniers, mais ils se rapprochent surtout des muscles adducteurs des Mollusques bivalves à cause de la variété des aspects que peut revêtir cette striation.

RADIOLOGIE. — *Sur les conditions physiques qui accompagnent le phénomène de nécrose produit par les rayons du radium.* Note (²) de Mme **J. SAMUEL LATTÈS**, présentée par M. G. Urbain.

Des expériences biologiques (³) ont montré que le rayonnement du radium produit sur les tissus vivants deux sortes de phénomènes nettement distincts :

1° Le rayonnement le plus absorbable produit un effet *nécrosant ;*

2° Le rayonnement le plus pénétrant, un effet *cytocaustique électif.*

Dans ces expériences, effectuées avec l'émanation du radium, on observe que l'épaisseur de la lésion nécrosée, produite par un rayonnement, est une fonction compliquée de la dose employée. Croissante avec celle-ci, elle paraît liée à la valeur initiale de l'émanation appliquée. Elle ne reste pas identique à elle-même quand varie la filtration primaire, comme le montrent les courbes tracées, au travail cité.

(¹) R. ANTHONY, *Réflexions à propos de la genèse de la striation musculaire, etc.* (*Arch. de Zool. exp. et gén.*, t. 58. *Notes et Revues*, fasc. 1, 1919).

(²) Séance du 12 mars 1923.

(³) LACASSAGNE, *Journal de Radiologie et d'Électrologie*, t. 5, avril 1921, p. 160.

Je me suis proposé d'isoler la cause du phénomène de nécrose en l'étudiant au point de vue purement physique et en m'appuyant sur les observations biologiques certaines relatées plus haut.

Pour cela j'ai étudié l'absorption du rayonnement du radium à travers du muscle de bœuf congelé. Le rayonnement était, ou non, filtré, comme dans les observations biologiques, par des filtres de platine d'épaisseurs variées : $0^{mm},15$; $0^{mm},30$; 1^{mm}; $1^{mm},5$.

Le dispositif expérimental comportait un électroscope, une chambre d'ionisation en plomb de forme tronconique, la petite base percée d'une fenêtre fermée par une mince feuille de cellophane, tournée vers la source qui occupait le sommet du cône. La source consistait en une ampoule filiforme de verre mince contenant $5^{mg},89$ de radium-élément. Elle était placée à 9^{cm} de la chambre. L'électroscope était protégé du rayonnement par un mur de plomb de $5^{cm},5$ interposé. Les lames absorbantes étaient placées contre la fenêtre de la chambre d'ionisation.

On sait que l'intensité I d'un faisceau complexe de radiations supposées homogènes, $I_1, I_2, I_3, \ldots, I_n$, ayant pour valeur I_0 au sortir de la source, est modifiée d'après la formule suivante par une épaisseur x de substance absorbante :

$$I = I_1 e^{-\mu_1 x} + I_2 e^{-\mu_2 x} + I_3 e^{-\mu_3 x} + \ldots + I_n e^{\mu_n x},$$

$\mu_1, \mu_2, \ldots, \mu_n$ étant les coefficients d'*affaiblissement* (phénomènes superposés de dispersion et d'absorption), relatifs à la fois à la substance considérée et à chaque radiation composante homogène.

La quantité $\text{Log}\,\frac{I}{I_0} = f(x)$ donne lieu à une fonction qui décroît rapidement au début, et finit, pour une certaine valeur de x, par devenir linéaire.

A ce moment-là, le terme relatif au plus petit coefficient μ_1 (rayonnement le plus pénétrant) est prépondérant, tous les autres étant devenus, devant lui, négligeables.

En opérant comme je viens de l'indiquer, j'ai obtenu les résultats suivants :

1° Quelle que soit la filtration préalable, la portion rectiligne de la courbe $\text{Log}\,\frac{I}{I_0} = f(x)$ débute pour l'épaisseur x précisément atteinte dans chaque cas par la nécrose. Ce phénomène, qui est constant, fait prévoir, pour cette action biologique, l'existence d'une cause unique indépendante de la filtration et *responsable* de la nécrose. J'ai tenté de déterminer les caractéristiques physiques de ce rayonnement responsable.

On peut en première approximation diviser le rayonnement en deux portions : 1° un rayonnement nécrosant, non homogène, très absorbable (partie curviligne de la courbe); 2° un rayonnement non nécrosant sensiblement homogène et très pénétrant (partie rectiligne de la courbe).

2° Pour chaque filtration particulière, si l'on a soin de prendre en abscisses des épaisseurs x évaluées en masse par centimètre carré, les courbes, obtenues avec le muscle, l'eau, le liège, coïncident. La courbe de l'aluminium est à peu près superposable aux premières, ce qui ne se produit pas pour les substances lourdes : plomb, platine, etc., où s'introduit l'influence du rayonnement secondaire.

3° Les courbes obtenues et les valeurs numériques qui en résultent (qui seront données ultérieurement) montrent bien, en effet, que certains rayons paraissent seuls responsables du phénomène de nécrose, de sorte que, sous certaines réserves que j'indiquerai, on peut définir le *rayonnement nécrosant.* Il s'ensuit qu'en éliminant ces rayons (primaires ou secondaires) et *tous corps susceptibles de les engendrer par rayonnement secondaire*, on se mettra à l'abri du phénomène de nécrose. Il suffira, d'après le paragraphe 2°, pour éliminer ces rayons nécrosants, d'employer des filtres secondaires de densité voisine de 1 en couches au moins égales dans chaque cas aux épaisseurs nécrosées, fait que l'usage a précisément consacré en thérapeutique.

4° *Pour les filtrations par* 1^{mm} *et* $1^{mm},5$ *de platine, les courbes et les résultats numériques montrent que le rayonnement nécrosant est uniquement engendré par le platine. Ce dernier absorbe intégralement tout ce que le rayonnement primaire pouvait contenir de nécrosant.*

Pour les filtrations plus faibles, le rayonnement nécrosant est la somme d'un rayonnement primaire échappé à l'action absorbante du filtre et d'un rayonnement secondaire engendré par le filtre.

La séance est levée à $16^h 20^m$.

É. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de février 1923.

Ministère des Travaux publics. Mémoires pour servir à l'explication de la Carte géologique détaillée de la France. *Le Jura,* par Emm. de Margerie. Première Partie : *Bibliographie sommaire du Jura français et suisse* (*orographie, tectonique et morphologie*), avec planches : tome I, planches I, II, XXVIII, XXIX et XXX. 1 vol. 32cm,5 et une chemise de planches 52cm. (Présenté par M. F. Termier.)

Service hydrographique de la Marine, 1913. *Carte de pêche établie avec le concours de l'Office scientifique et technique des pêches maritimes et d'après les Close's Fisherman's Charts et les Cartes de pêche danoise. Mer du Nord, partie sud,* 1922; *partie nord,* 1923, par J.-B. Charcot. Paris, 2 feuilles, 68cm × 100cm. (Présenté par M. Joubin.)

The Mineralogy of Pennsylvania, by Samuel G. Gordon. Philadelphia, Special publication. N° 1 the Academy of Natural Sciences, 1922; 1 vol. 25cm.

Louis Ranvier (1835-1922). *Notice biographique,* par J. Jolly. Extrait des *Archives d'Anatomie microscopique.* Paris, Masson et Cie, s. d.; 1 fasc. 25cm. (Présenté par M. Henneguy.)

L'utilisation de la chaleur solaire aux colonies, par E. Doublet. Bordeaux, Institut colonial, 1923; 1 fasc. 24cm. (Présenté par M. Bigourdan.)

Alphonse Laveran, sa vie, son œuvre, par Marie Phisalix. Paris, Masson et Cie, 1923; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. Mesnil.)

Les méthodes d'étude des alliages métalliques, par Léon Guillet. Paris, Dunod, 1923; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. Le Chatelier.)

Union astronomique internationale. Commission de l'Heure. *Rapport annuel sur les travaux effectués par le Bureau international de l'Heure en* 1922, par G. Bigourdan. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1923; 1 fasc. 25cm.

Union internationale de la Chimie pure et appliquée. *Premier rapport de la Commission internationale des éléments chimiques. Tables internationales des isotopes et des éléments radioactifs,* 1923. Paris, 1 fasc. 26cm. (Présenté par M. Urbain.)

Matériaux de construction; pierres, par A. Mesnager. Paris, J.-B. Baillière, 1923; 1 vol. 23cm.

The New Heavens, by George Ellery Hale. New-York and London, Charles Scribner's, 1922; 1 vol. 20cm.

Life Histories of North American Petrels and Pelicans and their Allies, by ARTHUR CLEVELAND BENT. Washington, Smithsonian Institution. United States National Museum. Bulletin 121, 1922; 1 vol. 25cm.

Electrodynamic wawe-theory of physical forces. Volume II : *New theory of the aether*, by T. J. J. SEE. London, Wheldon et Wesley, 1922; 1 vol. 29cm.

Cours de Mécanique céleste, par H. ANDOYER. Tome I. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1923; 1 vol. 25cm.

Critique des théories einsteiniennes. La relativité et la loi de l'attraction universelle, par H. DUPORT. Dijon, Maurice Darantière, 1923; 1 vol. 25cm.

Carte de la vallée de Sales et du cirque des Fonts (*Alpes calcaires du Faucigny*) *à l'échelle du* 20000e, par ROBERT PERRET. Paris, Henry Barrère, 1922; 1 vol. de texte, 29cm et une carte 63cm × 71cm. (Présenté par M. Termier.)

Considérations sur l'être vivant. Troisième Partie : La Characée considérée au point de vue orthobiontique. Beauvais, Dumontier et Hagué, 1922; 1 vol. 25cm.

Contribution à l'histoire de l'Anatomie (*dissection, vivisection*), par ADRIEN BLANCHET. Extrait du *IIe Congrès d'histoire de la Médecine.* Évreux, Ch. Hérissey, 1922; 1 fasc. 26cm.

Military Industries of Japan, by USHISABURO KOBAYASHI. New-York, Oxford, University Press, 1922; 1 vol. 25cm.

Discours de M. Max Laubeuf. Discours de M. Léon Guillet. Évolution scientifique de la métallurgie. Extrait du procès-verbal de la séance du 12 janvier 1923 de la *Société des Ingénieurs civils de France.* Paris, 19, rue Blanche, 1923; 1 fasc. 23cm. (Présenté par M. Le Chatelier.)

ERRATA.

—

(Séance du 5 mars 1923.)

Note de M. *B. Salomon*, Sur les analogies gyroscopiques des machines électriques synchrones et asynchrones :

Page 3, dernière ligne de la couverture, *au lieu de* machines d'induction, *lire* machines électriques.

(Séance du 12 mars 1923.)

Note de M. *Mandelbrojt*, Sur les séries de Taylor qui ont des lacunes :

Page 730, *au lieu de*

2°
$$\sum_{i=1}^{\infty} x^{\lambda_{n_i+1}},$$

lire

2°
$$\sum_{n=1}^{\infty} x^{\lambda_{n_i}+1}.$$

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 26 MARS 1923.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'en raison des fêtes de Pâques, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mardi 3 avril au lieu du lundi 2.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du Décret, en date du 17 mars 1923, qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Jules Bordet** pour occuper la place d'Associé étranger vacante par le décès de M. *Ciamician*.

Il est donné lecture de ce Décret.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'hydroxyde thalleux.* Note (1) de M. R. de Forcrand.

La préparation de ce composé thalleux à l'état de pureté présente quelques difficultés.

Le procédé indiqué depuis longtemps qui consiste à précipiter une dissolution de sulfate thalleux par la baryte, filtrer et évaporer la liqueur, oblige à manier, vu le peu de solubilité des matières premières, de grandes masses de liquides. Il devient alors difficile d'éviter soit la carbonatation à l'air, soit l'attaque des vases, soit la déshydratation partielle de la base cherchée. On doit opérer dans des vases de platine, sous cloche, dans une atmosphère

(1) Séance du 12 mars 1923.

exempte de gaz carbonique, en présence d'un déshydratant et à la température ordinaire. C'est une préparation qui demande plusieurs mois pour quelques grammes de produit.

Encore se forme-t-il toujours de l'oxyde anhydre noir sur les bords et à la surface; mais au fond de la capsule on trouve le plus souvent quelques grands cristaux jaunes de H — O Tl, retenant seulement des traces de Tl^2O. Ces cristaux se recouvrent assez vite à l'air d'oxyde anhydre noir.

J'ai déshydraté quelques-uns de ces beaux cristaux jaunes en les chauffant à 100° dans un courant d'hydrogène pur et sec pendant environ une heure, jusqu'à poids constant. La perte a été de 3,7 pour 100, tandis que la théorie demande 4 pour 100 pour H — O Tl. J'avais donc opéré sur un produit déjà un peu effleuri (environ : $Tl^2O + 0,9\, H^2O$). L'oxyde anhydre obtenu était d'un beau noir brillant.

J'ai indiqué récemment un autre mode de préparation de l'hydroxyde thalleux : il suffit d'ajouter à froid à l'éthylate thalleux : C^2H^5 — OTl, liquide et incolore, son volume d'eau, ce qui correspond à environ quatre molécules d'eau pour une d'éthylate. Les trois molécules d'eau en excès entraînent l'alcool formé, et les liquides sont absorbés par des plaques poreuses sous cloche pendant 24 heures. Dans ces conditions on perd très peu de produit, la solubilité de H — O Tl dans l'eau étant assez faible. On obtient ainsi un hydroxyde jaune, en grains microcristallins.

L'avantage de ce procédé est sa rapidité; en quelques minutes on effectue la précipitation et la mise sur plaques poreuses; l'inconvénient est que l'hydroxyde retient toujours un peu d'eau en excès dans la masse. Aussi j'ai pris le parti d'employer ce produit encore un peu humide, retenant environ 4 pour 100 d'eau, ce qui correspond sensiblement à

$$H - OTl + 0,5\, H^2O.$$

J'ai constaté d'ailleurs que cette petite quantité d'eau n'est pas combinée.

Pour connaître la chaleur d'hydratation de Tl^2O, il suffit de dissoudre séparément dans l'eau l'oxyde anhydre et l'hydroxyde, ainsi que l'a fait Thomsen [1], qui a trouvé, à + 17° :

Pour 2 × H — OTl......................	$-6^{Cal},312$
Pour Tl^2O..............................	$-3^{Cal},081$

Différence : $3^{Cal},231$.

La première réaction se fait aisément, surtout en partant de l'hydroxyde

[1] *Therm. Unters.*, t. 3, p. 340.

pulvérulent jaune (¹), mais je n'ai pu effectuer la seconde en un temps assez court pour une expérience calorimétrique. Même l'acide sulfurique étendu ne dissout que très lentement Tl^2O. Ainsi j'ai dû employer comme dissolvant l'acide fluorhydrique étendu ($HF + 600 H^2O$) dans les deux cas. En partant des grands cristaux jaunes et de leur produit de déshydratation noir Tl^2O, j'ai obtenu à $+13°$:

Avec $2 \times H - OTl$	$+25^{Cal},210$
Avec Tl^2O	$+28^{Cal},327$

Différence : $3^{Cal},117$.

La différence 3,117 se confond avec le nombre de Thomsen : 3,231 ; la moyenne est $3^{Cal},174$. Ce nombre représente la quantité de chaleur dégagée par la fixation de H^2O liquide sur Tl^2O solide. A partir de H^2O solide, on aurait seulement $+1^{Cal},744$. En calculant comme je le fais habituellement pour les hydrates, on trouverait

$$\frac{+11,090 + 1,744}{30} = T' = 428°, \qquad \text{soit} \qquad +155\,\text{C}.$$

C'est à cette température que la tension d'efflorescence atteint 760^{mm}. Ce nombre est voisin de ceux que donnent beaucoup d'hydrates salins qui s'effleurissent dans l'air sec à froid.

Nous sommes très loin des valeurs fournies par les hydroxydes des vrais métaux alcalins, par exemple :

$$Na^2O + H^2O \text{ sol.} + 42^{Cal},04, \qquad Cs^2O + H^2O \text{ sol.} + 37^{Cal},88,$$
$$Li^2O + H^2O \text{ sol.} + 15^{Cal},61,$$

tandis que les métaux lourds divalents (zinc, fer, plomb, cuivre, etc.) donnent des nombres voisins de 1 à 2 calories.

D'ailleurs la chaleur d'oxydation de Tl^2 avec formation de $Tl^2O(+42^{Cal},8)$ aussi bien que les chaleurs de dissolution de Tl^2O ou de $H - OTl$ éloignaient déjà nettement le thallium des métaux alcalins.

Cependant, cet hydroxyde $H - OTl$, une fois formé, se révèle comme une base très puissante, aussi forte que les bases alcalines ; elle paraît

(¹) Je l'ai réalisée notamment en dissolvant à $+13°$ dans l'eau plusieurs échantillons de $H - OTl$ pulvérulent jaune retenant un peu d'eau (de 0,4 à 0,6 H^2O), ce qui m'a donné $-6^{Cal},388$, nombre très voisin de celui de Thomsen ; ce résultat montre que cet excès d'eau n'est pas combiné et qu'il n'existe pas d'hydrate secondaire

$$H - OTl + n\,H^2O.$$

même plus forte lorsqu'on l'oppose aux acides très faibles comme les phénols ou les alcools.

J'ai précisé cette opposition en saturant les dissolutions de H — OTl par différents dérivés hydroxyles que j'avais sous la main : triméthylcarbinol, pinacone, cyclohexanol, alcools méthylique et éthylique, glycol, glycérine, phénol, acides acétique, sulfurique, fluorhydrique. Voici les nombres obtenus, rapprochés de ceux que donne la soude :

	$(CH^3)^3 \equiv C - OH$.	$(CH^3)^2 - C - OH$.	$C^6H^{11} - OH$.	$CH^3 - OH$.
H — OTl.....	+ 0,397	+ 0,337	+ 0,305	+1,200
H — ONa....	— 0,060	?	?	+0,040

	$C^2H^5 - OH$.	$\frac{C^2H^4 = (OH)^2}{2}$.	$\frac{C^3H^5 \equiv (OH)^3}{3}$.	$C^6H^5 - OH$.
H — OTl.....	+ 1,216	+ 1,216	+ 1,338	+8,514
H — ONa....	— 0,030	+ 0,280	+ 0,500	+8,000

	$CH^3 - COOH$.	$\frac{SO^4H^2}{2}$.	HF.
H — OTl.....	+13,987	+15,634	+16,440 (1)
H — ONa....	+13,300	+15,689	+16,300

A part les deux nombres relatifs à l'acide sulfurique, qui sont identiques, tous les autres accusent une basicité plus forte pour H — OTl que pour H — ONa. La différence est surtout sensible pour les alcools; même les alcools secondaires (cyclohexanol) ou tertiaires et bitertiaires (triméthylcarbinol, pinacone) agissent encore sur H — OTl dissous.

Grâce à cette fonction de base forte H — OTl peut être dosé alcalimétriquement, comme une base alcaline, avec la phtaléine comme indicateur, au moyen d'une solution titrée d'un acide fort.

NOMINATIONS.

A l'unanimité de 31 suffrages, M. A. Lacroix est désigné pour faire partie de la *Commission de répartition des fonds du pari mutuel* destinés aux œuvres de bienfaisance, en remplacement de M. *G. Lemoine*, décédé.

---

(1) Ce nombre + 16,440 est de Pettersen (*Zeit. phys. Chem.*, t. 4, 1889, p. 3).

CORRESPONDANCE.

M. Jules Cornet, élu Correspondant pour la Section de Minéralogie, adresse des remercîments à l'Académie.

L'Académie est invitée à se faire représenter au IIe Congrès de l'*Association internationale de Thalassothérapie*, qui aura lieu à Venise les 9, 10, 11, 12 avril prochain.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Institut scientifique de l'Indo-Chine. Catalogue de la Bibliothèque.

2° Cargill G. Knott. *Collected scientific papers of John Aitken.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les séries de Taylor qui ont une infinité de coefficients nuls.* Note de M. Soula, présentée par M. Hadamard.

Je voudrais indiquer une proposition qui se déduit immédiatement de travaux récents de MM. Carlson (¹) et Nevanlinna (²). Il s'agit d'étudier la fonction $f(z) = \Sigma a_n z^n$, sachant que le nombre des coefficients nuls de rang inférieur à t est égal à $h(t)$; la fonction peut être entière ou non entière.

Si la fonction est holomorphe en tout point intérieur à un angle égal à 2Ω ayant l'origine pour sommet ainsi que sur les côtés de cet angle, si dans ce champ $|z^{-p}f(z)|$ est borné, p étant un nombre positif, alors

$$\int_{t_0}^{t}\left[\frac{h(x)}{x}-\frac{\pi-\Omega}{\pi}\right]\frac{1}{x}\,dx$$

est borné en valeur algébrique, quel que soit t (t_0 est une constante positive).

(¹) Carlson, *Thèse*, Upsal, 1914; *Math. Annalen*, Bd 79, 1919.

(²) Fr. Nevanlinna, *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 676.

Ce théorème limite la croissance de $\frac{h(x)}{x}$; il est impossible, par exemple, que cette quantité ait sa plus petite des limites supérieure à $\frac{\pi - \Omega}{\pi}$.

La démonstration est basée sur deux propositions :

1° On peut supposer que cet angle où $f(z)$ est holomorphe et croît comme un polynome soit celui du plan de la variable $z = \rho e^{i\omega}$, qui est défini par

$$(1) \qquad \pi \geqq |\omega| \geqq \pi - \Omega.$$

Il existe alors une fonction $g(u)$ de la variable $u = p + 1 + re^{i\theta}$ holomorphe pour $|\theta| \leqq \frac{\pi}{2}$ et telle que

$$|g(u)| < \mathrm{M}\, e^{r[(\pi-\Omega)|\sin\theta| + b\cos\theta]}$$

(M et b sont des constantes positives) et

$$g(n) = a_n \qquad \text{pour } n \text{ entier positif.}$$

Cette fonction est représentée par

$$g(u) = \frac{1}{2i\pi}\int_{\mathrm{S}} \frac{f(z)\,dz}{z^{u+1}},$$

S étant un certain contour illimité, déduit des côtés de l'angle (1) en remplaçant la partie voisine du sommet par un arc de courbe choisi de telle sorte que S divise le plan en deux régions dont l'une contienne tous les points singuliers de la première détermination de $f(z)$ et dont l'autre contienne l'origine.

2° La deuxième proposition ressort de la formule (3) (Note citée) de M. Nevanlinna. Si une fonction $g(v)$ de la variable $v = re^{i\theta}$ est holomorphe pour $|\theta| \leqq \frac{\pi}{2}$, si

$$|g(v)| < \mathrm{M}\, e^{r[a|\sin\theta| + b\cos\theta]}$$

(M, a, b positifs), si $h(t)$ est le nombre de ses zéros d'argument inférieur à $\frac{\pi}{2}$ et de module compris entre t_0 et t, l'intégrale

$$\int_{t_0}^{t} \left[\frac{h(x)}{x} - \frac{a}{\pi}\right] \frac{1}{x}\,dx$$

reste bornée quand t augmente indéfiniment.

Les deux conditions imposées à la fonction $f(z)$ par notre énoncé (dis-

position des points singuliers, limitation de la croissance), paraissent nécessaires pour la validité du résultat. D'une part, en effet, il existe des fonctions bornées n'ayant que le point singulier 1 sur leur cercle de convergence (1) et pour lesquelles $\frac{h(x)}{x}$ a pour plus petite limite $\frac{1}{2}$; d'autre part, il existe des fonctions entières pour lesquelles $\frac{h(x)}{x}$ est aussi voisin de 1 que l'on veut.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Fonction harmonique dont le gradient s'annule à l'infini.* Note de M. P. Noaillon, présentée par M. Hadamard.

Dans un liquide parfait, indéfini, primitivement immobile, on déplace un corps solide C avec une vitesse constante $\vec{V}_c$. On suppose atteint le régime permanent par rapport au solide C. Si le mouvement est continu, ce sera un mouvement non rotationnel. Dans la solution classique, la vitesse s'annule à l'infini comme le carré de l'inverse de la distance au corps. L'énergie cinétique totale est alors finie, et il s'ensuit, en vertu du principe de la conservation de l'énergie, que la résistance à l'avancement doit être nulle (paradoxe de d'Alembert).

On a cherché une distribution des vitesses se rapprochant plus des phénomènes naturels en introduisant des discontinuités (surfaces de glissement de Helmholtz); mais avant d'en arriver là, il est naturel de se demander s'il n'existe pas de distribution continue autre que la solution classique et qui, s'annulant moins vite à l'infini, fournissait une énergie cinétique totale infinie.

La question est d'autant plus naturelle que, dans le cas du plan, une pareille distribution est possible. Par exemple, si le solide est un cercle avec une vitesse de translation nulle, la solution classique, avec énergie totale finie, c'est le repos. Mais si en chaque point extérieur au cercle on considère une vitesse perpendiculaire au rayon et inversement proportionnelle à la distance au centre du cercle, on aura une distribution continue, non rotationnelle, avec vitesse nulle à l'infini, mais avec énergie cinétique totale infinie.

Le théorème que nous présentons ici répond à cette question en disant :

---

(1) Faber, *Sitzungsberichte Math.-phys. Klasse bayerischen Akademie*, Bd 36, 1906.

dans le cas de l'espace à trois dimensions, la solution classique est la seule solution continue à mouvement permanent irrotationnel.

La démonstration que nous en donnons a été considérablement simplifiée grâce aux suggestions de M. Hadamard.

THÉORÈME. — *Si à l'extérieur d'une surface fermée* S, *située tout entière à distance finie, la fonction* $\varphi(x, y, z)$ *est harmonique pour toute valeur finie de* $r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$ *et si ses dérivées partielles,*

$$u = \frac{\partial \varphi}{\partial x}, \qquad v = \frac{\partial \varphi}{\partial y}, \qquad w = \frac{\partial \varphi}{\partial z},$$

tendent vers zéro avec $\frac{1}{r}$ *soit uniformément, soit, plus généralement, en moyenne* (voir l'alinéa suivant), *on pourra trouver une constante* B, *telle que, dans tout le domaine extérieur à* S *l'on ait*

$$|u| < \frac{B}{r^2}, \qquad |v| < \frac{B}{r^2}, \qquad |w| < \frac{B}{r^2}.$$

Nous disons que u, v, w tendent vers zéro avec $\frac{1}{r}$ *en moyenne*, si la moyenne de $V = \sqrt{u^2 + v^2 + w^2}$, sur une sphère de centre O et de rayon r, tend vers zéro avec $\frac{1}{r}$. Cette moyenne est représentée par $\frac{1}{4\pi}\int V\, d\Omega$ où $d\Omega$ désigne un angle solide élémentaire et V le module $\sqrt{u^2 + v^2 + w^2}$ dans cet angle solide, sur la sphère de rayon r. Si le module V reste borné à l'extérieur de S, la convergence en moyenne sera assurée, quand V tendra vers zéro dans toutes les directions suivant des lois *quelconques*. Cela résulte d'un théorème connu de M. Lebesgue [*Leçons sur l'intégration*, collection Borel (1904), p. 114]. Ce cas est celui de l'hydrodynamique, pour un mouvement permanent irrotationnel, la formule de Bernoulli,

$$\frac{p}{\rho} + \frac{1}{2} V^2 = H,$$

où $\frac{p}{\rho}$ doit rester positif, entraînant $V^2 < 2H$.

Soit P le point de coordonnées x, y, z, extérieur à S. Enfermons la surface S et le point P à l'intérieur d'une sphère Σ de centre O et de rayon R. La fonction $\varphi(x, y, z)$ est harmonique dans le domaine compris entre S et Σ. Donc, en désignant par M un point mobile sur S et par dM un élément de la surface S autour de M, par N un point mobile sur Σ et par dN un élément

de la surface Σ autour de N, on aura pour la valeur de $\varphi(x, y, z)$ en P

$$\varphi(\mathrm{P}) = +\frac{1}{4\pi}\int_{\Sigma}\left[\frac{\cos \mathrm{PNO}}{|\mathrm{PN}|^2}\varphi(\mathrm{N}) - \frac{1}{|\mathrm{PN}|}\frac{d\varphi(\mathrm{N})}{dn}\right]d\mathrm{N}$$
$$-\frac{1}{4\pi}\int_{\mathrm{S}}\left[\frac{\cos \mathrm{PMO}}{|\mathrm{PM}|^2}\varphi(\mathrm{M}) - \frac{1}{|\mathrm{PM}|}\frac{d\varphi(\mathrm{M})}{dn}\right]d\mathrm{M},$$

$\frac{d}{dn}$ indiquant une dérivation suivant la normale intérieure à Σ ou à S.

L'intégrale relative à la surface S

$$f(\mathrm{P}) = -\frac{1}{4\pi}\int_{\mathrm{S}}\left[\frac{\cos \mathrm{PMO}}{|\mathrm{PM}|^2}\varphi(\mathrm{M}) - \frac{1}{|\mathrm{PM}|}\frac{d\varphi(\mathrm{M})}{dn}\right]d\mathrm{M}$$

est une fonction de P harmonique dans tout l'espace extérieur à S, et son gradient s'annule comme $\frac{1}{r^2}$.

Notre proposition sera donc établie si nous démontrons que le gradient de $\varphi(\mathrm{P}) - f(\mathrm{P})$ est identiquement nul.

Or cette différence $\varphi(\mathrm{P}) - f(\mathrm{P}) = g(\mathrm{P})$ est représentée par l'intégrale relative à la sphère Σ

$$g(\mathrm{P}) = \frac{1}{4\pi}\int_{\Sigma}\left[\frac{\cos \mathrm{PNO}}{|\mathrm{PN}|^2}\varphi(\mathrm{N}) - \frac{1}{|\mathrm{PN}|}\frac{d\varphi(\mathrm{N})}{dn}\right]d\mathrm{N}$$

et cette intégrale est une fonction de P harmonique à l'intérieur de la sphère Σ de rayon R. Mais $\varphi(\mathrm{P}) - f(\mathrm{P})$ est indépendante de R, par conséquent la fonction $g(\mathrm{P})$ est harmonique pour tout point P à distance finie.

Posons

$$\frac{\partial g}{\partial x} = \alpha.$$

Cette fonction est, comme g, harmonique pour tout point P à distance finie. De plus, elle s'annule en moyenne avec $\frac{1}{r}$, puisque

$$\alpha = \frac{\partial \varphi}{\partial x} - \frac{\partial f}{\partial x}$$

et que chacun de ces deux termes s'annule, au moins en moyenne, avec $\frac{1}{r}$.

La valeur de α en P est exprimée, en fonction de sa valeur sur la sphère Σ de rayon R, par la formule de Poisson

$$\alpha(\mathrm{P}) = \frac{1}{4\pi}\int_{\Sigma}\left[\frac{(\mathrm{R}^2 - r^2)\mathrm{R}}{|\mathrm{PN}|^3}\right]\alpha(\mathrm{N})\cdot\frac{d\mathrm{N}}{\mathrm{R}^2}.$$

Quand R augmente indéfiniment, la quantité entre [ ] reste inférieure en module à un nombre fixe B. Donc

$$|\alpha(P)| < \frac{B}{4\pi}\int_{\Sigma}|\alpha(N)|\cdot\frac{dN}{R^2}.$$

La dernière intégrale tend vers zéro avec $\frac{1}{R}$ puisque nous supposons que $\alpha(N)$ s'annule en moyenne avec $\frac{1}{R}$. Donc on a $\alpha = 0$, et de même pour les deux autres composantes du gradient de $g(P)$. C. Q. F. D.

CHRONOMÉTRIE. — *Enregistrement du temps, en chiffres, au millième de seconde, d'après un pendule entretenu électriquement.* Note de M. **Henri Chrétien**, présentée par M. Bigourdan.

Le problème de la lecture du temps indiqué par un pendule libre a très souvent retenu l'attention des physiciens, en particulier celle de Lippmann. La solution envisagée généralement consiste à photographier le pendule à l'instant à chronométrer, en l'éclairant par une étincelle brève.

Il ne suffit pas d'ailleurs d'enregistrer l'*élongation* du pendule : il faut encore déterminer la valeur de l'*amplitude* au moment de l'enregistrement; c'est de la combinaison de ces deux données que l'on déduit la *phase* indicatrice du temps. La réduction des clichés obtenus est donc assez pénible : elle comporte des mesures micrométriques et des calculs qui rendent la méthode lente et impropre à tout service horaire intense. En outre, la précision est très variable selon l'élongation du pendule au moment du top.

Il est cependant très facile de munir le pendule d'un *cadran* et d'une *aiguille* qui respectent ses qualités essentielles de pendule libre, c'est-à-dire n'introduisant que des liaisons électromagnétiques légères, proportionnelles à la vitesse et analogues à celles que lui impose le système d'entretien électrique de Lippmann.

Le dispositif que je décris dans la présente Note peut être monté avec les ressources ordinaires de tout laboratoire; j'en avais commencé la réalisation en 1913, à l'Observatoire de Nice, avec l'approbation de Lippmann, et j'en ai vérifié le fonctionnement. C'est l'application d'un montage déjà employé par Cornu dans ses recherches sur la synchronisation électromagnétique des horloges; il ne présente donc d'autres nouveautés que des dispositions de détails, mais qui me paraissent transformer le montage de Cornu en un véritable *chronographe imprimant de haute précision.*

Le pendule, M, porte donc un aimant, qui plonge dans deux solénoïdes B et B′, dont le circuit est fermé sur un galvanomètre à cadre mobile G.

Un miroir, O, est fixé au pendule, au voisinage de son point de suspension; son rôle est de renvoyer sur le miroir du galvanomètre les rayons lumineux émanant d'un collimateur fixe CL. Quand le pendule oscille, le galvanomètre vibre à l'unisson, et la direction des rayons deux fois réfléchis décrit un *cône elliptique de Lissajous*, lequel peut être réduit à la forme circulaire, ainsi que Cornu l'a montré et réalisé pour la première fois.

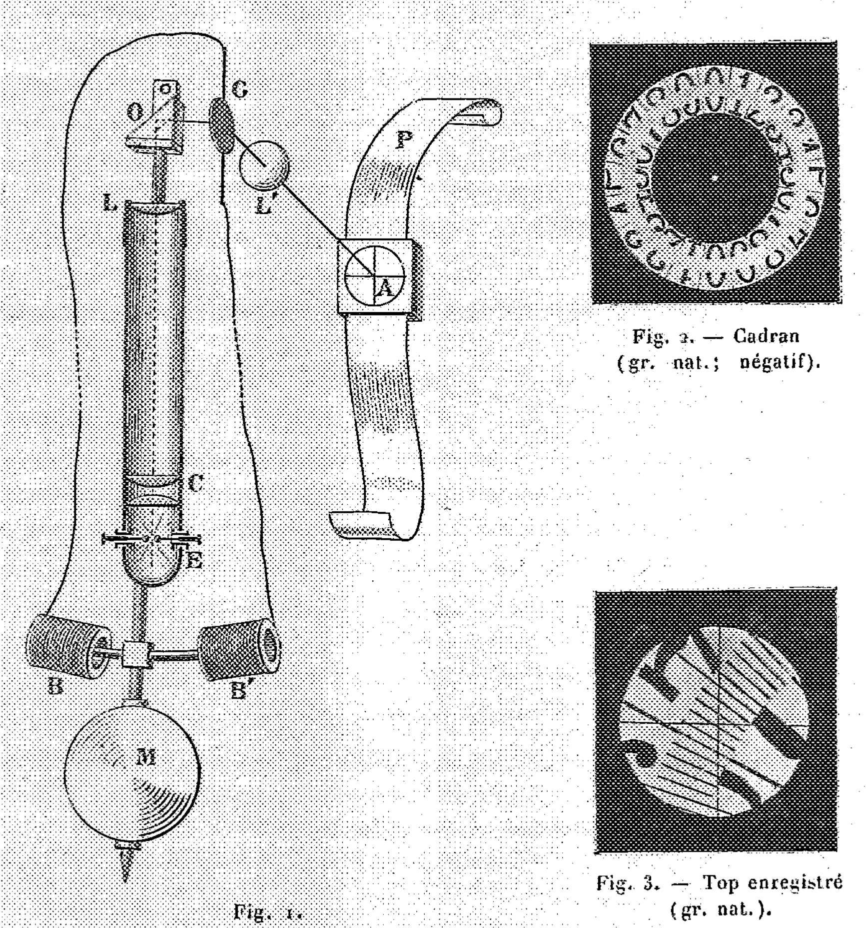


Fig. 1.

Fig. 2. — Cadran (gr. nat.; négatif).

Fig. 3. — Top enregistré (gr. nat.).

La lentille collimatrice, L, a une longueur focale de 40^{cm} environ; dans son plan focal C, sur la face d'émergence d'un condensateur d'éclairage, se trouve le *cadran*, reproduit en vraie grandeur sur la figure 2. Il consiste en une graduation annulaire chiffrée; la circonférence est divisée en 200 par-

ties (pour un pendule battant la double seconde); chaque division représente ainsi $\frac{1}{100}$ de seconde. En E, vers le foyer conjugué du miroir G, se trouve un éclateur à étincelles.

Une lentille fixe, L', de 160^{cm} de foyer (ou une combinaison optique de même foyer, mais moins encombrante), placée de l'autre côté du miroir du galvanomètre, projette dans un plan A une image amplifiée du cadran. C'est dans ce plan que se déroule, d'un mouvement discontinu, après chaque prise de temps, une bande de papier sensible, ayant la largeur des bandes cinématographiques et perforée de la même manière. Un réticule, A, formé de deux fils fins tendus sur un opercule de 2^{cm},5 de diamètre, est placé à demeure tout contre le plan du papier : c'est l'*aiguille* du pendule; elle est fixée : ici, c'est le cadran qui tourne.

En effet, quand le système oscille, l'image du cadran qui se forme en A circule dans le champ d'un mouvement de translation circulaire, presque uniforme, et dont le rayon est proportionnel à l'amplitude. Les dimensions du cadran et les pièces optiques sont choisies de manière que ce soit la circonférence moyenne de la couronne graduée qui défile sous le point A, quand le pendule oscille avec son amplitude normale. Si l'amplitude du pendule varie, celle du galvanomètre varie dans le même rapport et le cône de Lissajous reste circulaire. Le centre du cadran s'éloigne ou se rapproche du centre du réticule, mais la phase du mouvement, c'est-à-dire le temps, n'en est pas moins enregistrée correctement.

Cet enregistrement s'obtient en faisant éclater une étincelle en E, soit en appuyant sur un « top », soit en fermant mécaniquement un circuit (contacts d'un micromètre impersonnel, passage d'un projectile dans un réseau de fils, etc.); les dispositions d'usage sont prises pour que l'étincelle éclate à une époque en relation bien déterminée avec celle à enregistrer. La figure 3 est une épreuve de prise de temps représentée en vraie grandeur. On y apprécie le millième de seconde par interpolation à vue; le pendule battant la double seconde, on peut distinguer aisément, par l'orientation des chiffres, entre les secondes paires et les secondes impaires; on lit, par exemple, sur l'épreuve, 1^{s},722.

La division du cadran est faite en parties égales dans l'hypothèse où la courbe de Lissajous est décrite d'un mouvement uniforme, c'est-à-dire quand la différence de phase des mouvements des miroirs est exactement de $\frac{\pi}{2}$, ce qui n'est jamais réalisé, à cause de la self du circuit de synchronisation et du moment d'inertie de l'équipage du galvanomètre. Mais cette hypothèse

est inutile. Au moyen d'un diapason, on fait éclater des étincelles à intervalles de temps égaux et très courts, par exemple à $\frac{1}{1000}$ de seconde, et l'on enregistre photographiquement un cercle ponctué. C'est d'après ce cercle que l'on établit la graduation définitive, qui est alors rigoureuse.

Ce chronographe peut servir à mesurer des intervalles de temps très courts; on n'a absolument rien à craindre de l'inertie des pièces mécaniques. Ce qui peut arriver de plus grave, c'est qu'un top ne vienne à se produire avant que le papier, déclenché par le top précédent, n'ait terminé sa course. Le nouveau top n'en est pas moins enregistré; les empreintes se superposent partiellement, mais restent quand même bien lisibles.

MÉCANIQUE. — *Solution précise au moyen de modèles en papier des problèmes statiquement indéterminés.* Note de M. **G.-E. Beggs**, présentée par M. Mesnager.

On sait combien est fastidieuse et peu précise en général la détermination des réactions subies par une construction quand *le problème n'est pas isostatique*, c'est-à-dire quand les réactions dépendent des déformations. Si, de plus, la section des pièces est variable suivant une loi qui ne soit pas très simple, le problème est pratiquement inabordable. Cependant les constructions les plus économiques sont celles qui comportent des encastrements ou des liaisons surabondantes et dans lesquelles les pièces ont leurs sections, chacune proportionnée aux efforts complexes à équilibrer.

Le théorème de réciprocité de Maxwell permet, en donnant un mouvement arbitraire (translation ou rotation) à une section d'encastrement, de déterminer expérimentalement le coefficient d'influence de ce mouvement sur le déplacement de toute autre section dans un sens quelconque et, par suite, d'en conclure l'influence d'une force agissant dans le sens de ce déplacement sur la réaction ou le moment d'encastrement. De même en coupant les liaisons surabondantes et en donnant des déplacements relatifs aux deux côtés de la section coupée, on peut déterminer l'influence des charges sur ces liaisons. On ramène ainsi la détermination des inconnues à une simple mesure, sur un modèle présentant la similitude mécanique.

Les problèmes à résoudre étant généralement des problèmes plans, il suffit d'un modèle plan.

L'expérience a montré qu'on peut obtenir d'excellents résultats avec des

modèles découpés en papier fort. On produit le très petit mouvement relatif en l'imposant à la section par un appareil très simple (jauge) donnant un mouvement soit normal, soit tangentiel, soit angulaire d'amplitude connue, moitié à droite, moitié à gauche de la position de repos. Les déplacements qui fourniront *la courbe d'influence* sont mesurés avec un microscope dont le plan focal est muni d'un micromètre quadrillé permettant d'évaluer à vue les déplacements dans deux sens rectangulaires à quelques microns près.

La solution étant obtenue et les sections calculées de façon à être proportionnées aux efforts qu'elles auront à supporter, on peut contrôler les résultats, vérifier leur exactitude et les montrer à un auditoire en exécutant un modèle définitif en celluloïd de 2^{mm} d'épaisseur découpé à la scie. On lui suspend des charges de l'ordre de quelques demi-kilogrammes et l'on vérifie que les résultantes ont bien la position précédemment déterminée, en libérant les sections extrêmes de toute liaison, sauf d'une cheville placée en un point de la ligne d'action précédemment obtenue pour cette résultante. Si la détermination est exacte, il ne se produit aucune rotation autour de la cheville.

Cette méthode a été appliquée notamment à la détermination des réactions d'une voûte encastrée dont la courbe moyenne avait été imposée; elle a été utilisée pour l'étude de tuyaux de grands diamètres, de ponts à béquilles, de nefs inégales solidaires à appuis encastrés de hauteurs inégales, de souterrains de métropolitain et de bâtiments en béton armé de formes compliquées.

Pour les ponts en arc, on obtient facilement la courbe intersection des réactions, si pénible à déterminer par les polygones funiculaires. Dans le cas de travées solidaires on a, par un premier tâtonnement, proportionné convenablement les sections et ensuite contrôlé les résultats obtenus avec les sections définitives. On peut notamment tenir compte des goussets placés dans les angles, toutes choses qu'on ne fait pas, en général, par le calcul à cause de l'excessive complication à laquelle on aboutit.

Les erreurs ne paraissent guère dépasser l'ordre du centième, ce qui est grandement suffisant pour la pratique et les différences avec le calcul sont le plus souvent attribuables à l'approximation insuffisante des procédés numériques ou graphiques.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur l'emploi possible du microphone pour faciliter le vol à voile.* Note de M. LAFAY, présentée par M. Hamy.

Au cours d'anciennes recherches sur l'aérodynamique (1909-1913), j'ai eu l'occasion d'utiliser systématiquement un dispositif microphonique pour apprécier le plus ou moins grand degré de régularité du jet d'air projeté par la soufflerie qui servait à mes expériences ([1]). Le microphone employé était constitué par de la poussière de graphite enfermée derrière une membrane flexible qui lui transmettait les variations de pression du vent; les changements correspondants de l'intensité du courant qui traversait l'appareil étaient perçus à l'aide d'un écouteur téléphonique.

Le même dispositif m'a permis d'observer des effets intéressants en logeant le corps du microphone dans l'épaisseur d'une aile dont un élément superficiel dorsal était précisément constitué par la membrane réceptrice.

Les essais effectués sur modèle réduit, en donnant à cet élément une surface d'environ 3^{cm^2}, m'ont montré qu'il y avait généralement avantage à le placer un peu en arrière de la région qui correspond aux dépressions les plus élevées, lorsque l'aile travaille sous l'incidence optimum.

Dans ces conditions, en inclinant l'aile vers l'avant, le choc direct de l'air contre le microphone produit un bruit où l'on distingue nettement les éléments caractéristiques de la turbulence du vent produit par la soufflerie. L'intensité de ce phénomène diminue à mesure que l'on relève l'aile et devient très faible pour l'incidence de vol. Mais, au delà, un accroissement d'inclinaison donne naissance à un nouveau bruit de nature différente dont la sonorité est plus grave. Cet effet résulte de ce que l'augmentation de l'angle d'attaque transporte vers l'avant la région du maximum de dépression et laisse la membrane du microphone pénétrer davantage dans la zone arrière où l'on a, depuis longtemps, constaté des variations rapides de pression.

Si l'on essaie de déduire de ces résultats *obtenus au Laboratoire*, des conséquences utiles à l'aviation, il apparaît comme très probable que l'adaptation du microphone en un point convenablement choisi sur la face dorsale de l'aile d'un avion, permettrait au pilote de percevoir deux phénomènes acoustiques différents, respectivement provoqués par le début d'un vol

([1]) *Comptes rendus*, t. 151, 1910, p. 144.

cabré ou piqué. Ces phénomènes devant également se manifester dans le même ordre au moment de l'entrée dans une colonne d'air ascendante ou descendante, il y aurait certainement avantage, pour la réalisation du vol à voile, à substituer une telle sensation auditive à l'impression, souvent bien vague, de soulèvement ou de chute.

De plus, en utilisant deux microphones symétriquement disposés sur chaque aile, il serait vraisemblablement possible d'acquérir instantanément des indications sur l'orientation des rafales rencontrées par l'avion.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *L'observation des planètes peut-elle fournir des arguments pour ou contre la relativité?* Note de M. **J. Trousset**, présentée par M. B. Baillaud.

Dans une Note des *Comptes rendus* du 5 mars 1923 (p. 666), M. Jean Chazy énonce quatre lois d'attraction, entrant dans le cadre de la mécanique classique, qui conduisent aux mêmes mouvements des périhélies planétaires que la relativité; mais tandis que la relativité n'apporte à la troisième loi de Képler que des modifications qui s'annulent avec l'excentricité, les durées de révolutions T calculées d'après ces lois diffèrent de celles qui correspondent à la loi de Newton, de quantités qui sont de l'ordre de la seconde de temps. M. Chazy pose la question suivante : la précision des observations actuelles permet-elle de constater de telles différences?

Je crois qu'il faut répondre non. En effet :

1° En supposant connues parfaitement les masses du Soleil et de la planète et la constante de la gravitation universelle, on a à vérifier que $\frac{a^3}{T^2}$ a une valeur donnée. Admettons que l'observation de plusieurs révolutions successives permette de connaître parfaitement T (ce qui d'ailleurs n'est pas exact, parce que les perturbations ne sont jamais calculées avec une précision infinie), il reste à savoir si l'on peut déterminer a avec une exactitude suffisante. Or en différentiant la variation $\frac{a^3}{T^2} = \text{const.}$, on voit qu'à une variation $\Delta_2 T$ correspond une variation $\Delta_2 a$ égale à $\frac{2a}{3T} \times \Delta_2 T$; pour $\Delta_2 T = \frac{\varepsilon}{n}$, il vient (voir les notations de M. Chazy) $\Delta a = \frac{2\mu}{V^2} = 3^{\text{km}}$.

Ainsi, pour un T donné, la relativité et la loi II (pour laquelle $\Delta_2 T$ a sa valeur maxima 4ε) donnent pour a une différence $4\frac{2\mu}{V^2} = 12^{\text{km}}$, constante,

à l'excentricité près. Dans le cas le plus favorable (Vénus à sa plus grande élongation), cette longueur est vue de la Terre sous un angle inférieur à 0″,03.

2° Soient deux planètes dont les masses et les durées de révolution sont parfaitement connues. Comme la constante de la gravitation universelle est inconnue, on doit se borner à essayer de discerner si c'est le rapport $\frac{a}{a'}$ ou le rapport $\frac{a+\lambda}{a'+\lambda'}$ qui a une valeur connue, d'ailleurs très voisine de $\left(\frac{T}{T'}\right)^{\frac{2}{3}}$; λ sera de l'ordre de e pour la relativité; et pour la loi II, on aura très sensiblement $\lambda = \lambda' = 12^{\text{km}}$. Or le rapport $\frac{a+\Delta a}{a'}$ devient égal à $\frac{a+\lambda}{a'+\lambda'}$ lorsque $\Delta a = \frac{a'\lambda - a\lambda'}{a'+\lambda'}$, ce qui, pour $\lambda = \lambda' = 12^{\text{km}}$, donne

$$\Delta a = 12\left(1 - \frac{a}{a'}\right),$$

soit 4^{km}, si les deux planètes sont la Terre et Vénus. Cette distance correspond à un angle inférieur à 0″,01.

3° Enfin, les masses de Mercure et Vénus, planètes sans satellites, étant mal connues, les théories des petites planètes, d'Uranus et de Neptune, étant imparfaites, il ne resterait en réalité que quatre planètes, pour lesquelles il faudrait pousser au delà du centième de seconde d'arc l'observation et le calcul; précision que nous sommes encore bien éloignés d'atteindre, même par moyennes et recoupements.

Toutefois, la voie dans laquelle vient de s'engager M. Chazy pourra conduire à d'utiles résultats s'il parvient à mettre en évidence quelque terme analogue à ceux qu'il a signalés et pratiquement plus important. Peut-être alors y aura-t-il lieu d'utiliser les beaux et importants résultats déjà acquis en ce qui concerne la planète Eros.

CALORIMÉTRIE. — *Sur les variations des chaleurs de dissolution avec la température.* Note (¹) de M. **Paul Mondain-Monval**, transmise par M. H. Le Chatelier.

Dans les phénomènes de dissolution et liées étroitement à ce changement d'état, les quantités de chaleur dégagées occupent le premier rang : chaleur

(¹) Séance du 19 mars 1923.

de dissolution vulgaire ou en liqueur étendue, chaleur de dissolution « intégrale » ou à saturation, chaleur de dissolution en solution presque saturée, ou « limite » la plus importante au point de vue de la Mécanique chimique, ces grandeurs étant liées entre elles par les chaleurs de dilution et la chaleur d'addition, cette dernière résultant de l'apport d'une petite quantité d'eau dans une masse considérable de solution saturée.

Ces diverses quantités sont fort loin d'être des constantes et varient en particulier avec la température au point de changer de signe. Berthelot et Thomsen avaient déjà constaté cette variation pour les chaleurs de dissolution en liqueur étendue. Depuis, plusieurs auteurs, en particulier Pickering ([1]) et Levalt-Ezersky ([2]), ont donné pour quelques sels des mesures précises de ces mêmes quantités dans un intervalle de température assez étendu. On trouve également un certain nombre d'indications sur les variations de la chaleur de dilution notamment dans les récentes recherches de Pratt ([3]). Mais l'influence de la température sur les chaleurs de dissolution en solution saturée et sur les chaleurs d'addition n'a pas encore été observée systématiquement.

Il m'a paru intéressant de compléter cette étude en déterminant à deux températures distinctes, la température ambiante et celle de fusion de la glace, les diverses quantités de chaleur énumérées plus haut, en choisissant des sels anhydres de solubilités très différentes, comme les nitrates de sodium, de potassium et d'ammonium, les chlorures de potassium et d'ammonium et le sulfate de potassium.

La mesure des chaleurs de dissolution en liqueur diluée et en solution concentrée a été effectuée dans un vase de Dewar, comme je l'ai indiqué dans une Note précédente ([4]). Les chaleurs de dilution et d'addition ont été également mesurées dans un vase de Dewar cylindrique, à parois argentées d'une capacité de 300^{cm^3}. A l'intérieur était placée une pipette de 10^{cm^3} remplie de la solution à diluer et dont le bec venait plonger dans une large goutte de mercure occupant le fond du Dewar. Celui-ci recevait alors la quantité d'eau exigée pour la dilution. Cette eau entourant entièrement la pipette était agitée par un anneau métallique plat fixé au thermomètre et doué d'un mouvement de va-et-vient vertical. Deux heures suffisaient pour obtenir l'équilibre de température, vu la faible capacité de la pipette. Au bout de ce temps et après observation pendant 10 minutes du thermomètre, on chassait la solution de la pipette au moyen d'air comprimé envoyé par une petite pompe à bicyclette. La marche du

---

(1) Pickering, *Journal Chem. Soc.*, t. 51, 1887, p. 340.
(2) Levalt-Ezersky, *Journal rus. Phys. Chem. Ges.*, t. 44, p. 671.
(3) Pratt, *J. Frank. Inst.*, t. 185, 1918, p. 663.
(4) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 301.

thermomètre était alors observée encore pendant 10 minutes et l'abaissement de température estimé au centième de degré près.

Dans les Tableaux suivants nous désignons par Q la chaleur de dissolution moléculaire dans une grande quantité d'eau, 100^{mol} à 200^{mol}, par D la chaleur absorbée par la dilution de la solution saturée à la température d'expérience jusqu'à ce que la molécule de sel soit contenue dans cette même quantité d'eau. ε' est la chaleur d'addition d'une molécule d'eau à une grande quantité de solution saturée à t°, ε une quantité analogue mais correspondant à une masse d'eau capable de dissoudre à saturation, à la température t la molécule du sel.

L_1 représente la chaleur limite de dissolution en solution saturée calculée au moyen de la relation

$$L_1 \doteq Q - D - \varepsilon;$$

L est la même quantité donnée par une légère extrapolation des résultats expérimentaux obtenus par dissolution directe du sel dans des solutions de plus en plus concentrées.

Enfin λ représente cette chaleur limite calculée par extrapolation en admettant une loi linéaire pour la température du point eutectique où le sel et la glace se déposent simultanément, cette donnée étant applicable à des recherches qui seront exposées ultérieurement.

	AzO^3Na.		KCl.	
	0°.	16°.	0°.	18°.
	cal	cal	cal	cal
Q	−5,25	−4,75	−5,01	−4,27
D	−2,57	−2,02	−0,95	−0,59
ε′	−0,115	−0,103	−0,04	−0,038
ε	−0,745	−0,58	−0,57	−0,465
L_1	−1,94	−2,15	−3,49	−3,22
L	−1,97	−2,13	−3,5	−3,25
λ	−1,86 à −18°		−3,65 à −11°	

	$AzO^3 - AzH^4$.		AzH^4Cl.	
	0°.	19°.	0°.	19°.
	cal	cal	cal	cal
Q	−6,48	−6,2	−4,06	−3,84
D	−2,7	−2,5	−0,414	−0,155
ε′	−0,21	−0,26	−0,028	−0,015
ε	−0,79	−0,65	−0,278	−0,123
L_1	−2,99	−3,05	−3,37	−3,56
L	−3,04	−3,06	−3,30	−3,58
λ	−3,0 à −17°		−3,1 à −16°	

	AzO^3K.		SO^4K^2.	
	0°.	18°.	0°.	18°.
	cal	cal	cal	cal
Q	−8,8	−8,3	−8,02	−6,4
D	−1,47	−1,71	−0,87 (?)	−0,67 (?)
ε′	−0,02	−0,05	−0,004 (?)	−0,006 (?)
ε	−0,87	−1,14	−0,54 (?)	−0,57 (?)
L_1	−6,45	−5,45	−6,62 (?)	−5,2 (?)
L	−6,4	−5,6	−6,75	−5,9
λ	−6,5 à −3°		−6,8 à −1°,55	

Nota. — La précision des données relatives à la dilution des solutions de sulfate de potassium est très incertaine, vu la petitesse des effets thermiques.

On voit que dans les quantités de chaleur mises en jeu aux diverses températures par la dilution des solutions saturées, l'azotate de potasse occupe un groupe à part. Pour ce sel, ces quantités de chaleur croissent avec la température, fait dû très probablement à la très rapide augmentation de sa solubilité en fonction de la même variable.

Les quantités de chaleur limite L et L_1 déterminées par deux méthodes différentes devraient être identiques. Les écarts observés donnent la mesure du degré de précision des résultats.

PHYSIQUE. — *Contribution à la théorie dynamo-cinétique de l'électron et de l'atome.* Note de M. **Th. Tommasina**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Dans les récents travaux théoriques on constate que le problème de la structure mécanique de l'électron et du noyau, ces constituants de l'atome, est étudié par plusieurs physiciens, sa solution étant considérée comme devant compléter la théorie électronique, qui embrasse désormais et domine toute la physique. Mais les opinions, jusqu'ici, sont très variées et même contradictoires, de façon qu'on a compliqué la théorie au lieu de l'éclaircir; cela montre que des nouveaux apports sont désirables, pouvant aider à résoudre le problème. C'est le but de cette Note. J'ai pensé qu'il fallait aborder l'étude de la constitution de l'électron en admettant, comme postulatum, le principe que l'énergie n'est, en dernière analyse, que la valeur dynamique du mouvement de la matière, qu'elle représente uniquement et complètement. L'énergie est certes indissolublement liée au mouvement matériel, puisque sa transmission n'est que la

transmission du mouvement qu'un mobile fait à un autre mobile. Dans nos appareils de mesure l'énergie agit comme une pression, laquelle, en réalité, si l'on pénètre jusqu'au substratum mécanique ultime, n'est et ne peut être autre chose qu'une très rapide succession de heurts instantanés. Or, les propriétés que nous reconnaissons à l'électron en font un élément physique qualitatif, il est donc évidemment complexe, tandis que le vrai constituant mécanique ultime doit être simple, il doit être un élément exlusivement dynamo-cinétique.

Nous admettons que l'électron est un élément de courant et de charge électrique, et nous lui reconnaissons une propriété de déformation; en lui donc la matière doit se trouver à l'état discontinu, extrêmement divisé, constituant un système tourbillonnaire. En outre, pour la stabilité du système, dont l'élasticité doit être parfaite, il faut que chaque grain de la matière du tourbillon possède, en plus du mouvement de révolution, un mouvement propre de rotation, lequel, d'après les travaux de Poisson et d'autres, suffit pour en faire un élément élastique. Telle serait en dernière analyse l'unique et réelle structure de l'électron, dont les constituants, ces vrais atomes insécables, nous permettent d'envisager, sinon l'essence de la matière, au moins sa manière d'être. Ces grains, qui ne sont pas de simples points matériels mais des mobiles énergétiques indestructibles, étant ce qui existe de plus petit, ont un volume réel, pourtant leur forme et leurs dimensions n'ont aucune importance pour le rôle que nous leur attribuons, lequel n'est que celui d'expliquer mécaniquement les propriétés individuelles et les fonctions physiques de l'électron, précisées par les équations de Lorentz, et d'en faire une entité concrète.

Je propose d'appeler *énergon* ce constituant ultime de la matière, parce qu'il est l'élément énergétique par excellence, le vrai *quantum absolu d'énergie*. En effet, son mouvement étant indestructible, la valeur dynamo-cinétique de l'énergon est invariable. Sans les énergons, l'activité interne de l'électron, comme élément électrique, est non seulement inexplicable, mais mécaniquement inadmissible. Les quanta de Planck sont les quantités minima d'énergie nécessaire pour faire vibrer l'électron dans un rayonnement; cette action étant complexe, il n'est pas permis de voir là des atomes d'énergie, tandis que l'énergon est bien en même temps le quantum insécable d'énergie et l'atome insécable de matière. La récente évolution de la physique impose cette hypothèse comme un complément nécessaire de celle de l'électron, et de celles qui ont trait à la constitution de l'atome pondérable, puisque l'énergon fournit l'élément du noyau atomique.

La vitesse rotative de l'énergon étant la plus grande qui existe et son énergie étant fonction de sa vitesse, il réalise le maximum d'énergie avec le minimum de matière, ce qui fournit l'explication des explosions atomiques des corps radioactifs et de l'immense force intra-atomique qu'admet la physique moderne. L'énergon permet de dévoiler l'énergie de la radioactivité, qui serait attribuable au fait que l'atome des corps radioactifs contient un système instable de noyaux énergoniques, tandis que les atomes des autres corps posséderaient un seul noyau énergonique ou un système stable de noyaux analogue aux étoiles doubles. L'énergon fournit donc une explication mécanique autant des agents physiques que des atomes chimiques, puisqu'il transforme le point matériel, abstraction mathématique, en un élément concret dynamo-cinétique. On se sert couramment de l'expression *structure moléculaire de la matière;* il faudrait dire des corps, la matière, en tant que matière, n'est ni moléculaire, ni atomique, ni électronique, puisque c'est elle qui constitue les molécules, les atomes et les électrons. La structure de la matière nous est inconnue, aussi m'est-il permis de présenter l'énergon comme son constituant ultime.

PHYSIQUE. — *Vitesses critiques des électrons dans le krypton et excitation des spectres de ce gaz.* Note de M. **Georges Déjardin**, transmise par M. Brillouin.

1. Le dispositif de la lampe à trois électrodes a été fréquemment utilisé pour déterminer les vitesses critiques des électrons dans un gaz et pour étudier le développement du spectre d'un gaz ou d'une vapeur métallique sous l'action excitatrice d'électrons de vitesse croissante. J'ai résumé dans quelques Notes précédentes [1] les résultats relatifs à l'argon, à l'hélium et à la vapeur de mercure obtenus avec des appareils de ce type.

Dans une étude analogue relative au krypton, j'ai utilisé un appareil plus perfectionné qui m'a permis en outre de préciser les valeurs des potentiels critiques de l'argon obtenues antérieurement.

La source d'électrons est un filament de tungstène incandescent placé à 2^{mm} au-dessus d'un système de trois électrodes parallèles. Ces électrodes sont constituées par deux grilles circulaires en fine toile de platine, distantes

[1] *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1347 et 1482; t. 175, 1922, p. 952 et 1203; *Journ. de Phys.*, t. 4, 1923, p. 178 S.

de 8^{mm}, et par un disque de platine de même diamètre, situé à 2^{mm} de la grille inférieure. Elles sont contenues dans un tube de verre de forme appropriée placé entre les pôles d'un aimant puissant, de manière à diriger le flux d'électrons parallèlement à l'axe du système. Une différence de potentiel progressivement croissante est appliquée entre l'extrémité négative du filament et les grilles, réunies extérieurement et délimitant ainsi une région où le champ est sensiblement nul.

Dans une première série d'expériences, une différence de potentiel opposée à la précédente, et lui restant constamment supérieure de 4 ou 6 volts, est appliquée entre les grilles et le disque, de telle sorte que les électrons ne puissent atteindre cette dernière électrode. Un galvanomètre sensible, intercalé dans le circuit grilles-disque, permet de mesurer le courant d'ionisation et d'étudier ses variations.

Dans un second groupe d'observations, les grilles et le disque sont réunies de manière à former une anode unique. Le courant total produit par les électrons est mesuré au moyen d'un milliampèremètre.

Le vide est obtenu à l'aide d'une pompe à diffusion et les gaz occlus sont éliminés par un chauffage prolongé du tube. Des précautions particulières sont prises pour introduire l'argon ou le krypton, purifiés avec le plus grand soin par M. A. Lepape. Deux tubes de forme spéciale, plongés dans de l'air liquide, empêchent la vapeur de mercure de pénétrer dans l'appareil.

L'examen des courbes représentant les variations du courant d'ionisation et du courant total en fonction du potentiel accélérateur des électrons conduit aux résultats suivants :

	Potentiel d'ionisation.	Potentiel d'ionisation double (extraction simultanée de deux électrons périphériques).
Argon...............	15,2 ± 0,2 volts	34,0 ± 0,5 volts
Krypton..............	12,7 ± 0,2 »	28,25 ± 0,5 »

Lorsque la pression est de l'ordre du millimètre, l'ionisation de l'argon peut être observée à partir de 11,5 volts et celle du krypton à partir de 9,8 volts. Ces potentiels, dont la valeur est donnée sous réserves, sont vraisemblablement des potentiels de résonance. L'ionisation observée dans ces conditions est due à des « actions successives » (chocs d'électrons lents et d'atomes anormaux ayant absorbé la radiation de résonance des atomes voisins).

Les potentiels critiques de l'argon sont très sensiblement proportionnels à ceux du krypton. Les rapports des énergies d'ionisation double et simple :

2,24 (argon) et 2,22 (krypton) sont égaux, dans les limites de précision des mesures. Ce résultat met nettement en évidence l'identité de structure des couches périphériques des atomes de ces deux gaz.

II. Le krypton possède, comme l'argon, deux spectres entièrement distincts. Le premier spectre (spectre rouge) comprend un petit nombre de raies, parmi lesquelles les raies jaune et verte bien connues et un groupe de raies intenses dans le bleu. Le second spectre (spectre bleu) renferme un nombre considérable de raies, dont les plus intenses sont situées dans le bleu et le violet. Les conditions d'excitation de ces deux spectres ont été recherchées en analysant, au moyen d'un spectroscope et d'un spectrographe, le rayonnement émis par le gaz pour différentes valeurs du potentiel accélérateur des électrons. La méthode photographique fournit les résultats les plus nets et les plus étendus (entre 3600 et 7200 A.).

Le *premier spectre* apparaît dès le début de l'ionisation, c'est-à-dire à partir de 12,7 ou de 9,8 volts, suivant la pression et l'intensité du flux d'électrons qui traverse le gaz. Une luminosité violacée est tout d'abord faiblement visible entre les grilles; elle devient beaucoup plus intense au moment où le régime d'arc s'établit et envahit alors brusquement la région du tube voisine du filament.

Si la pression est très faible (égale à quelques $\frac{1}{100}$ de millimètre), *certaines raies* du *second spectre* sont visibles sur les clichés à partir de 28,25 volts. Les raies intenses 4293, 4356, 4739 et 4766 apparaissent les premières, mais d'autres raies plus faibles deviennent visibles si l'on augmente le potentiel accélérateur de quelques $\frac{1}{10}$ de volt. L'intensité de toutes les raies précédentes croît régulièrement jusque 32 volts environ et reste ensuite sensiblement constante. Par contre, les raies assez intenses 4057, 4065, 4088, 4109, 4475 et 4577 apparaissent ou sont nettement renforcées vers 31 volts. Enfin, les raies 3742, 3876, 3906, 3918, 4323, 4370 (?), 4490 et 4557 (?) ne sont visibles sur les clichés qu'à partir de 33 ou 34 volts. De simples observations visuelles suffisent pour constater l'apparition du spectre bleu. La luminosité visible entre les électrodes devient d'ailleurs nettement bleue à partir de 30 volts.

Si la pression est égale à quelques $\frac{1}{10}$ de millimètre et le bombardement électronique suffisamment intense, les raies intenses du *second spectre* apparaissent vers 15,5 volts. Ce potentiel est sensiblement égal à la différence des potentiels d'ionisation double et simple; il correspond donc à l'extraction d'un second électron aux ions formés à partir de 12,7 volts.

En résumé, l'excitation de la totalité du premier spectre nécessite l'ioni-

sation de l'atome neutre. Le second spectre, comme le spectre bleu de l'argon, semble constitué par plusieurs groupes de caractère différent. L'émission de nombreuses raies de ce spectre résulte de l'ionisation double des atomes du gaz, mais d'autres raies sont probablement émises par des atomes ayant perdu plus de deux électrons superficiels.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Variations de capacité accompagnant les traitements thermiques des corps creux en acier.* Note (¹) de M. **Albert Portevin**, transmise par M. Henry Le Chatelier.

Les pièces en acier éprouvent, du fait des traitements thermiques (trempe et revenu), des modifications dans leur forme et leurs dimensions; modifications dont les lois générales, bien qu'esquissées qualitativement (²), demanderaient à être étudiées et définies en raison de l'intérêt que présentent ces phénomènes tant au point de vue général qu'à celui de la pratique industrielle.

L'examen de la variation de capacité des corps creux fournit un moyen d'exprimer les résultats par un seul nombre fonction à la fois des dimensions et de la forme; il apparaît par suite comme un procédé de nature à mettre facilement en lumière l'influence de certains facteurs et à renseigner sur leur importance relative.

Les fabrications d'obus explosifs en acier pendant la guerre nous ont procuré l'occasion d'effectuer, de 1915 à 1917, des essais systématiques et de rassembler des données statistiques à ce sujet; la capacité étant par ailleurs une donnée requise en fabrication pour définir certaines cotes d'usinage.

On disposait ainsi de corps creux en acier de même nuance, de dimensions identiques pour un même calibre, et pouvant être considérés, en première approximation, comme de formes géométriquement semblables définies par le diamètre ou calibre. De plus, l'emploi d'appareils de trempe dans lesquels l'obus occupe une position fixe et concentrique par rapport à l'appareil, écarte la préoccupation de l'influence du mode d'introduction de la pièce dans le bain de trempe, facteur malaisé à définir.

(¹) Séance du 19 mars 1923.

(²) Voir A. Portevin, *Considérations générales relativement à nos connaissances concernant la trempe de l'acier et les alliages métalliques* (*Congrès scientifique de Liége*, juin 1922).

On a pu ainsi mettre notamment en évidence l'influence numérique des facteurs suivants : température de trempe, vitesse moyenne de refroidissement, dureté de l'acier, équilibrage de la trempe (rapport entre les trempes interne et externe). A titre d'exemple, voici quelques résultats relatifs à la variation de volume ΔC_t d'obus de 75 trempés à 800° dans le même appareil (acier préalablement recuit, de dureté Brinell = 150) :

		ΔC_t (cm³)
Trempes simultanées intérieures et extérieures	de 30 secondes de durée.	+4,2
	limitées à 10 secondes...	+5,0
Trempe extérieure seule		+0,8
Trempe intérieure seule		+6,5
Trempe intérieure de deux secondes en avance sur la trempe extérieure..		+8,8

Ce dernier résultat est particulièrement intéressant parce qu'il met en évidence l'influence prépondérante des inégalités de température pendant la période initiale de refroidissement ([1]). Par contre, ce décalage des trempes n'a aucun effet sensible sur les tensions internes résiduelles.

Inversement, la réduction de la durée de la trempe, si efficace au point de vue des tensions internes, n'agit que relativement peu sur les variations de capacité ; la même remarque peut être faite en ce qui concerne les trempes effectuées au-dessous de la température de transformation ; voici d'ailleurs quelques résultats concernant l'influence de la température de trempe, les autres conditions expérimentales étant les mêmes que celles relatives aux résultats mentionnés précédemment :

Température de trempe.	ΔC_t (cm³)
900° trempe intérieure et extérieure	+8,7
825° » »	+4,3
625° » »	−0,6
625° trempe intérieure seule	−1,4

Ces dernières valeurs sont de l'ordre de grandeur des erreurs expérimentales alors que l'on sait que la trempe de l'acier vers 600°-650° provoque des tensions internes notables ([2]).

L'accroissement de la vitesse de refroidissement augmente la variation

---

([1]) L'effet serait inverse si l'on retardait la trempe intérieure par rapport à la trempe extérieure : ce serait le seul moyen de réaliser sûrement les réductions de capacité par voie thermique ; procédé d'ailleurs utilisé pour la trempe des filières usées.

([2]) A. Portevin, *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 955.

de capacité, comme on peut le constater en comparant, pour un même calibre, les trempes par aspersion et par immersion; ceci ressort également des données statistiques d'ensemble relatives aux divers calibres; voici quelques résultats :

Diamètres (en millimètres)	75	155	220	270
ΔC pour 100 (variation de capacité par trempe suivie de revenu)	0,55	0,33	0,30	0,25
Durée moyenne du refroidissement en secondes.	10	20	25	40

La répétition d'un même traitement provoque une série d'augmentations de volume, croissant linéairement en fonction du nombre des traitements, d'une manière très régulière. Ceci n'est pas dû naturellement à un accroissement général des dimensions du corps creux dans toutes les directions, mais à une déformation que l'on peut caractériser comme étant un acheminement vers la forme sphérique de capacité maximum.

A ce sujet, on peut citer l'exemple frappant de blocs d'acier prismatiques ou cylindriques, qui, après plusieurs centaines de trempes, prennent une forme arrondie au point de se transformer en boules, fait constaté à la manufacture d'armes de Saint-Étienne (¹).

Quant au revenu, son effet se traduit presque toujours par une réduction de capacité qui s'explique par l'accroissement de densité accompagnant la disparition de la martensite.

Les déformations et tensions internes provoquées par la trempe sont des phénomènes qui dépendent des mêmes variables élémentaires, mais qui prennent naissance à des époques différentes du refroidissement; ils sont dus, tous deux, à l'anisothermie des pièces au cours du refroidissement; mais les déformations s'effectuent dans la période initiale, tandis que les tensions internes apparaissent dans la période finale; de sorte que ces phénomènes ne sont pas nécessairement liés entre eux, et que les remèdes à apporter pour en modifier ou en atténuer les effets ne sont pas rigoureusement les mêmes et doivent être judicieusement choisis, suivant le but principal que l'on désire atteindre.

(¹) Un exemple analogue a fait l'objet d'une Communication de M. J.-H. Whiteley à l'Iron and Steel Institute (septembre 1918).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action méthylante et sulfonante du sulfate diméthylique sur les phénols en l'absence d'eau.* Note (¹) de MM. **L.-J. Simon** et **M. Fréjacques.**

L'action méthylante du sulfate diméthylique sur les phénols a été déjà observée et utilisée; en solution aqueuse alcaline elle s'exprime par la formule

$$R(OH) + SO^4(CH^3)^2 + KOH = R(OCH^3) + SO^4K(CH^3).$$

La réaction est unilatérale et le rendement excellent. Il ne paraît pas qu'on ait étudié l'action directe du sulfate diméthylique sur les phénols en l'absence d'eau et d'alcali. C'est cette action que nous avons examinée.

I. Les résultats sont alors tout différents; le phénomène, loin d'être unilatéral, devient fort complexe. C'est qu'intervient ici la sulfonation particulièrement facile des phénols et avec elle la possibilité de voir se juxtaposer l'action méthylante et sulfonante du sulfate diméthylique. *Tout compte fait il semble qu'il y ait au moins huit substances produites.*

Le premier phénomène sensible, lorsqu'on chauffe vers 100°-120° le mélange homogène équimoléculaire de sulfate diméthylique et de phénol, est un dégagement gazeux d'oxyde de méthyle. Ce dégagement se prolonge pendant deux heures; on ne considère cependant la transformation comme terminée qu'après une chauffe plus longue encore.

La production d'anisol $C^6H^5(OCH^3)$, bien qu'au total elle soit très restreinte, doit ensuite être signalée parce qu'elle se manifeste dès le début de l'opération; l'oxyde de méthyle, en se dégageant, entraîne une petite quantité d'anisol dû à la réaction

$$C^6H^5(OH) + SO^4(CH^3)^2 = C^6H^5(OCH^3) + SO^4H(CH^3).$$

Mais anisol et phénol subissent une autre action, sulfonante celle-ci :

$$C^6H^5(OCH^3) + SO^4(CH^3)^2 = C^6H^4(OCH^3)SO^3H + CH^3-O-CH^3,$$
$$C^6H^5(OH) + SO^4(CH^3)^2 = C^6H^4(OH)\ SO^3H + CH^3-O-CH^3.$$

Ce n'est pas tout encore : les deux acides sulfoniques sont eux-mêmes méthylés,

$$C^6H^4(OCH^3)SO^3H + SO^4(CH^3)^2 = C^6H^4(OCH^3)SO^3CH^3 + SO^4H(CH^3),$$
$$C^6H^4(OH)\ SO^3H + SO^4(CH^3)^2 = C^6H^4(OH)SO^3CH^3 + SO^4H(CH^3).$$

(¹) Séance du 19 mars 1923.

Un traitement par l'eau complété par une extraction à l'éther sépare les acides sulfoniques des composés éthérés. Ces derniers peuvent, à leur tour, être séparés au moyen de soude, qui laisse l'anisol et s'empare du paraoxysulfonate de méthyle ainsi que d'une trace de phénol. Les acides sulfoniques qui sont restés dissous dans l'eau constituent la partie prépondérante du mélange obtenu d'abord ($0^{mol},60$ pour 1^{mol} de phénol employé); ils sont, naturellement, accompagnés d'acide méthylsulfurique, mais aussi d'une petite quantité d'acide sulfurique, dont on peut les séparer. Il ne reste donc plus qu'à résoudre le mélange d'acides phénol et anisolsulfoniques dans lequel le premier prédomine.

II. En présence de ces résultats il s'imposait de soumettre l'anisol à la même action. Il a donc été préparé par la méthode habituelle de méthylation par le sulfate diméthylique en présence de potasse aqueuse et soumis à l'action du même réactif, employé cette fois seul, en l'absence d'eau et d'alcali. On retrouve les mêmes produits qu'avec le phénol; seule la proportion est changée : la partie prépondérante est toujours le mélange d'acides sulfoniques ($0^{mol},68$ pour 1^{mol} d'anisol employé), mais ici c'est l'acide anisolsulfonique qui domine; dans ce qui passe en solution éthérée on retrouve le mélange des éthers sulfoniques plus riche en anisolsulfonate de méthyle.

	$C^6H^4(OH)SO^3CH^3$.	$C^6H^4(OCH^3)SO^3CH^3$.
1^{mol} de phénol donne...........	$0^m,16$	$0^m,03$
1^{mol} d'anisol donne...........	$0^m,03$	$0^m,25$

III. Les choses se répètent avec les crésols; il ne peut être question d'entrer dans le détail des propriétés des substances obtenues.

En se limitant aux éthers précédents, les points de fusion sont :

	Phénol.	Ortho-crésol.	Para-crésol.
Monoéther..............	95°	93°	70°
Diéther.................	30°	58°	70°

Ces éthers qui n'étaient pas connus, bien qu'ils aient été recherchés [1], sont des corps magnifiquement cristallisés, insolubles dans l'eau, solubles dans l'éther et les solvants organiques, indistillables sous la pression réduite de la trompe à eau, distillant sans altération sous une pression de 1^{mm} à 2^{mm} entre 150° et 160°.

Le cas des crésols introduit une nouvelle complication avec l'apparition

(1) Ferns et Lapworth, *Chem. Soc.*, t. **101**, 1912, p. 273-287.

d'isomères sulfoniques distincts : ce que nous indiquons s'applique au corps prépondérant.

Remarques. — 1° Ces résultats sont valables pour les proportions équimoléculaires des corps réagissants et pour une durée de chauffe assez longue; si l'on emploie un excès de sulfate diméthylique ou si l'on arrête plus tôt l'opération, il faut s'attendre à une répartition différente des nombreux produits formés.

2° Le fait qu'en s'adressant au phénol ou à l'anisol on recueille qualitativement les mêmes substances, suppose une déméthylation partielle de l'anisol ou du sulfoéther résultant de celui-ci. Sans préjuger du mécanisme complet des diverses réactions énumérées plus haut, on peut dire que cette déméthylation participe à la formation de l'oxyde de méthyle dégagé. La proportion de ce gaz est d'ailleurs très notable : $0^{mol},60$ pour 1^{mol} de sulfate diméthylique et correspond à la proportion d'acides sulfoniques recueillis.

3° Les éthers sulfoniques obtenus sont eux-mêmes des agents de méthylation intéressants. Cette propriété a d'ailleurs été reconnue [1] à des corps d'autres types renfermant SO^3CH^3. Si on les traite par une amine primaire il se fait, déjà à froid, plus rapidement vers 80° :

$$R(OH)SO^3CH^3 + 2C^6H^5NH^2 = R(OH)SO^3H.C^6H^5NH^2 + C^6H^5NHCH^3.$$

Cette méthylation a été constatée avec l'aniline, l'ortho et la paratoluidine pour tous les dérivés sulfométhylés des phénols étudiés.

Si on les traite par un phénol, *en présence d'alcalis* — phénol ou orthonitrophénol — on obtient anisol ou orthonitroanisol,

$$R(OCH^3)SO^3CH^3 + C^6H^5OH + KOH = R(OCH^3)SO^3H + C^6H^5(OCH^3).$$

En résumé, l'action du sulfate diméthylique sur les phénols en l'absence d'eau est très différente de celle que l'on connaissait jusqu'ici : elle aboutit à des corps différents à la fois méthylés et sulfonés dont on peut attendre d'utiles services.

---

(1) FÖLDI, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 31, 1922, p. 1570.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelle préparation des urées tétrasubstituées.* Note ([1]) de M. A. MAILHE, transmise par M. Paul Sabatier.

J'ai montré dans un travail antérieur ([2]) que les formamides des amines phénoliques primaires se décomposent au contact du nickel divisé à une température voisine de 400°, en donnant des urées bisubstituées,

$$CO(NH.C^6R^5)^2,$$

pendant qu'une partie de l'amine était régénérée.

Cette formation a lieu avec départ d'hydrogène et d'oxyde de carbone, selon les réactions suivantes :

$$C^6R^5NHCOH = CO + C^6R^5NH^2.$$
$$C^6R^5NHCOH + C^6R^5NH^2 = CO(NHC^6R^5)^2 + H^2.$$

En même temps, au contact du nickel, l'oxyde de carbone se détruit partiellement en charbon et anhydride carbonique :

$$2CO = C + CO^2.$$

Les formamides de l'aniline et des trois toluidines ont conduit aux urées disubstituées correspondantes.

La formamide de l'*orthoxylidine*, qui fond à 97°, a fourni dans les mêmes conditions que les précédentes, la *diorthoxylylurée* symétrique,

$$CO\big(\underset{(4)}{NHC^6H^3}(\underset{(1)\,(2)}{CH^3})^2\big)^2,$$

fondant à 236°.

La formamide de la *méthyl-éthylaniline*,

$$\overset{(1)}{C^6H^3}(\overset{(3)}{CH^3})^2(\overset{(6)}{NHCOH}),$$

dont le point de fusion est 151°, conduit à la *diméthyléthylphénylurée* symétrique,

$$CO\left(NH.C^6H^3\begin{matrix}\diagup CH^3\\ \diagdown C^2H^5\end{matrix}\right)^2$$

fondant à 215°, inconnue jusqu'ici.

J'ai essayé d'appliquer cette nouvelle réaction catalytique à la prépa-

([1]) Séance du 19 mars 1923.

([2]) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 35.

ration des urées tétrasubstituées, en partant des *formamides des amides phénoliques secondaires*.

Lorsqu'on chauffe pendant une vingtaine de minutes la *méthylaniline*,

$$C^6H^5NHCH^3,$$

avec de l'acide formique, on obtient la formamide correspondante,

$$C^6H^5N\begin{matrix}\diagup CH^3\\ \diagdown COH\end{matrix},$$

sous forme d'un liquide jaune très visqueux, bouillant à 286°.

En dirigeant ses vapeurs sur du nickel divisé, chauffé à 380°-400°, elles se décomposent en donnant un gaz qui se dégage d'une manière permanente pendant toute la réaction, et un liquide que l'on condense facilement.

Le gaz a pour composition : CO^2, 26 pour 100; CO, 47 pour 100; H^2, 27 pour 100.

Le liquide soumis à la rectification commence à bouillir à 192°; mais le thermomètre monte rapidement. A partir de 235°, on sépare les produits qui distillent. La température se stabilise finalement à 245°-246° et il passe alors une quantité importante de liquide. Les premières portions, distillant jusqu'à 235°, sont formées surtout par de la méthylaniline; les secondes, bouillant entre 235° et 246°, soumises à l'ébullition avec de la potasse alcoolique, sont changées entièrement en méthylaniline, bouillant à 192°. Elles constituent la *diméthyldiphénylurée* symétrique

$$CO\left(N\begin{matrix}\diagup CH^3\\ \diagdown C^6H^5\end{matrix}\right)^2.$$

On voit que la décomposition de la formamide de la méthylaniline sur nickel se fait d'une manière rigoureusement identique à celle des formamides des amines phénoliques primaires, selon les réactions :

$$C^6H^5N\begin{matrix}\diagup CH^3\\ \diagdown CO\,H\end{matrix} = CO + C^6H^5NH\,CH^3,$$

$$C^6H^5N\begin{matrix}\diagup CH^2\\ \diagdown CO\,H\end{matrix} + C^6H^5NHCH^3 = H^2 + CO\left(N\begin{matrix}\diagup CH^3\\ \diagdown C^6H^5\end{matrix}\right)^2.$$

L'anhydride carbonique que l'on trouve dans les gaz provient du dédoublement de l'oxyde de carbone au contact du nickel : $2\,CO = CO^2 + C$.

L'*éthylorthotoluidine*

$$C^6H^4\begin{matrix}\diagup CH^3\\ \diagdown NH\,C^2H^5\end{matrix}$$

fournit, par ébullition avec l'acide formique, la formamide

$$C^6H^4\begin{cases}CH^3\\ N\begin{cases}C^2H^5\\ COH\end{cases}\end{cases}$$

qui bout à 272°.

Sa décomposition, sur nickel à 410°, produit un gaz : CO^2, 14 pour 100; CO, 52 pour 100; H^2, 82 pour 100; C^2H^4, 2 pour 100, et un liquide, d'où l'on isole d'abord de l'*éthylorthotoluidine* régénérée, bouillant à 207°, puis la *diéthyldiorthocrésylurée* symétrique,

$$CO\left(N\begin{cases}C^2H^5\\ C^6H^4CH^3\end{cases}\right)^2,$$

bouillant à 258°-260°. Elle ne se modifie pas par un nouveau passage sur nickel à 410°. Il se forme des quantités à peu près identiques d'urée et d'amine. Bouillie avec de la potasse alcoolique, elle se décompose en donnant de l'éthylorthotoluidine.

La formamide de la *métaméthyléthylaniline monoéthylée*

$$C^6H^3\begin{cases}CH^3 & (1)\\ C^2H^5 & (3)\\ N\begin{cases}C^2H^5\\ COH\end{cases} & (6)\end{cases}$$

fond à 141°. Sa décomposition, sur nickel à 400°, régénère une certaine proportion de méthyléthylaniline éthylée, bouillant à 234°, et il se forme en même temps l'urée tétrasubstituée, inconnue jusqu'ici :

$$CO\left[N\begin{cases}C^2H^5 & (6)\\ C^6H^3\begin{cases}CH^3 & (1)\\ C^2H^5 & (3)\end{cases}\end{cases}\right]^2$$

sous forme d'un liquide jaune, bouillant sans décomposition à 295°.

Ces exemples montrent que l'on peut préparer les urées tétrasubstituées alkylaryliques par catalyse sur nickel des formamides des amines secondaires phénoliques alkylées.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *La dénaturation de l'alcool éthylique.* Note de MM. **F. Bordas** et **F. Touplain**, présentée par M. Daniel Berthelot.

La question de l'adoption d'un carburant national à base d'alcool présente à l'heure actuelle pour notre pays, un haut intérêt économique.

On sait que la plupart des états qui ont établi un impôt sur les alcools de bouche, se sont trouvés dans l'obligation, pour favoriser l'emploi de l'alcool dans l'industrie, de le dénaturer dans des conditions déterminées pour le rendre impropre à la consommation.

Jusqu'ici, l'alcool méthylique a été considéré comme élément fondamental de toute formule de dénaturation. A cet élément on ajoute un certain nombre de corps infectants; le méthylène-régie ainsi obtenu répond à deux conditions indispensables : il supprime toute possibilité de fraude par allongement ou par distillation, à la condition, bien entendu, que les divers éléments entrant dans la composition du dénaturant s'y trouvent en quantités suffisantes.

La mise en usage d'un carburant national à base d'alcool diminuera dans une large mesure nos importations en hydrocarbures tirés du pétrole ou de la distillation de la houille, etc., et nous permettra d'utiliser les 800000 hectolitres d'alcool produits chaque année en France et en grande partie inutilisés.

Cependant, une dénaturation semblable exigerait une proportion correspondante de méthylène-régie, qu'il nous faut acheter à l'étranger à des taux que l'état actuel des changes rend prohibitifs.

Réduire de moitié (5 pour 100 au lieu de 10 pour 100) la dose de méthylène-régie dans l'alcool dénaturé, comme la proposition en a été faite, rendrait la dénaturation insuffisante et cesserait de sauvegarder les intérêts du Trésor.

Placés en présence de ces difficultés d'ordre à la fois technique, économique et fiscal, nous avons recherché un dénaturant offrant une sécurité au moins égale à celle du méthylène-régie actuellement défaillant.

Nous nous sommes donc efforcés de trouver un infectant tenace, difficilement régénérable par distillation, allongement, traitement chimique simple, etc. Il fallait, en outre, obtenir des caractéristiques chimiques suffisamment définies pour permettre de reconnaître tout alcool régénéré après dénaturation.

Nous possédons bien un grand nombre de substances pouvant être employées comme « infectant » et, en particulier, les huiles de distillation des résines, des brais ou des goudrons de bois (substances d'ailleurs utilisées à l'origine de la dénaturation).

Les huiles de ce genre ont en outre l'avantage de posséder un pouvoir calorifique élevé (plus de 10000 calories). Mais, par contre, elles ne présentent pas de caractères chimiques bien constants permettant de les iden-

tifier quand elles se trouvent en dissolution plus ou moins étendue dans l'alcool et le benzol, l'alcool et l'essence, etc.

Nous sommes parvenus à donner à ces produits les caractéristiques qui leur manquent en leur incorporant un « test » donnant la possibilité d'en reconnaître la présence de manière indirecte mais certaine.

Ce test nous a été fourni par les éthers de l'anhydride borique et en particulier par les borates d'éthyle, de méthyle, etc. Il y a lieu de prévoir la formation possible de borates de phényle, utiles dans certains cas.

Le mode de préparation de ces composés du bore est très connu, surtout en ce qui concerne les borates d'éthyle et de méthyle.

La recherche et le dosage de faibles quantités de bore a fait l'objet de nombreux travaux : citons en particulier ceux de MM. Defosse, Cribb et Arnaud et les plus récents de MM. G. Bertrand et Agulhon.

Il existe du reste plusieurs méthodes également sensibles, permettant de déceler et de contrôler en quelque sorte avec la plus grande précision des traces infimes de ces corps.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur les cristaux liquides de l'anisal-p-amidoazotoluol.* Note de M. P. GAUBERT.

La mesure des indices de réfraction des liquides biréfringents (1), formés par un mélange de substances donnant des cristaux liquides (2) ayant le même signe optique, montre que les propriétés optiques du cristal mixte liquide sont intermédiaires entre celles des cristaux purs, comme s'il s'agissait de mélanges isomorphes de cristaux solides (mélanges de propionate de cholestérine dans le cyanbenzalaminocinnamate d'amyle). La concordance entre les nombres trouvés et calculés est suffisante, si l'on considère qu'on a affaire à des corps altérables. Il n'en est pas de même pour les indices des cristaux obtenus par le mélange de substances donnant des cristaux de signe optique différent.

Les cristaux mixtes ont alors habituellement les caractères des cristaux négatifs, même si la substance donnant des plages homogènes optiquement positives se trouve en très forte proportion. Si les cristaux positifs sont

(1) P. GAUBERT, *Bull. de la Soc. fr. de Min.*, t. 36, 1913, p. 74.

(2) Je désigne ainsi les plages homogènes, qui dans ce cas sont perpendiculaires à l'axe optique.

plus réfringents que les cristaux négatifs, la réfringence, la biréfringence, le pouvoir rotatoire s'élèvent; s'ils ont une réfringence égale, les propriétés du cristal négatif changent peu. Exemple : addition d'anisal-*p*-amidoazotuol de *p*-azoxyanisol au cyanbenzalaminocinnamate d'amyle.

Pour interpréter ce fait, j'ai supposé que la substance donnant des cristaux positifs peut aussi présenter une phase optiquement négative avec une biréfringence et un pouvoir rotatoire se rapprochant pour l'anisalaminocinnamate d'éthyle, le *p*-azoxyanisol, etc., du cyanbenzalaminocinnamate d'amyle. Avec cette hypothèse très simple, qui évidemment doit être confirmée par d'autres faits, on peut calculer assez exactement les indices de tous les mélanges et prévoir, par exemple, le fait découvert par M. G. Friedel [1] : l'élévation du pouvoir rotatoire de l'acétate de cholestérine à mesure que la quantité de *p*-azoxyanisol sugmente dans le mélange.

Bien que certains corps, comme l'anisalaminocinnamate d'éthyle, donnent des cristaux négatifs, alors même qu'ils contiennent très peu de propionate de cholestérine et qu'on soit tenté à considérer ce mélange comme correspondant à la forme hypothétique, j'ai cherché à provoquer la formation de cette phase instable à l'état pur, en évaporant et en refroidissant rapidement des solutions saturées de cette substance. Tous les corps que j'ai eus à ma disposition ont été essayés et j'ai obtenu fréquemment, à la température ordinaire, les liquides biréfringents déjà connus, mais seul l'anisal-*p*-amidoazotoluol, en dehors de la forme positive, m'a donné un liquide visqueux, pouvant refléter une belle teinte verte, quand on le couvre avec une lamelle et donner une image, en lumière convergente d'un cristal négatif. Le fait a été contesté par M. G. Friedel [2] qui suppose que j'ai pris des teintes de lames minces, pour cette phase. La confusion n'est pas possible et, si je l'avais faite, j'aurais trouvé la phase que j'attendais avec presque tous les corps. Il faut reconnaître que cette phase liquide est aussi difficile à obtenir que les sphérolites à enroulement hélicoïdal présentant les propriétés singulières que j'ai déjà décrites [3], et qui, eux, sont stables.

M. G. Friedel conteste l'exactitude d'un autre fait que j'ai observé avec l'anisal-*p*-amidoazotoluol. Ce corps offre des phénomènes assez curieux. Fondu sur une lame de verre et refroidi brusquement, il donne le liquide biréfringent bien connu, pouvant se conserver quelque temps; mais si on

---

(1) G. Friedel, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 475.

(2) G. Friedel, *Annales de Physique*, 9e série, t. 18, 1922, p. 460.

(3) P. Gaubert, *Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 355.

le chauffe, il devient isotrope vers 45°. Il fond tout simplement et redonne des cristaux liquides si on le refroidit. Mais si l'on continue à le chauffer, il se solidifie en donnant deux formes solides dont l'une ne fond qu'à 115°. (Il existe une forme, qui est celle du corps commercial, fondant vers 100° en donnant un liquide qui se solidifie aussitôt et reste solide jusqu'à 117°.) Ce qui est extraordinaire c'est que les formes polymorphiques aient des points de fusion si différents et que ce soit la phase liquide anisotrope qui ait le point de fusion le plus bas.

M. G. Friedel a bien constaté l'existence de ce liquide, mais il explique son isotropie apparente en admettant que les plages obscures observées entre les nicols croisés sont uniaxes, positives en lumière convergente et que le phénomène est dû à ce que les molécules du liquide anisotrope se sont orientées de manière que l'axe optique soit perpendiculaire à la lame de verre. Je le considère au contraire comme étant réellement isotrope, car il ne donne aucune image en lumière convergente.

Ce liquide isotrope est très réfringent, son indice est voisin de 1,72; je l'emploie, à cause de cette propriété, pour déterminer des minéraux en examinant les franges de Becke.

En résumé, les deux observations, dont M. G. Friedel conteste l'exactitude, pouvant être vérifiées par qui que ce soit ayant l'habitude des méthodes microscopiques délicates, j'ai cru devoir attirer de nouveau l'attention sur elles, car je maintiens d'une façon formelle les résultats de mes recherches antérieures.

GÉOLOGIE. — *Sur la tectonique de la plaine de Mateur et de ses abords (Tunisie).* Note (1) de M. Solignac, transmise par M. Ch. Depéret.

La plaine de Mateur et la cuvette de la Garaet Achkel (2) qui la prolonge au Nord forment une dépression de 320^{km^2} environ. L'altitude de la plaine alluvionnaire, dont les zones avoisinant la Garaet sont marécageuses, varie de 0^m à 35^m (Sidi Amor). Le niveau des eaux de la Garaet Achkel est celui de la mer; cette cuvette, dans laquelle se déversent l'Oued Sedjenane, l'Oued el Melah, l'Oued Joumine, ne présente qu'une profondeur maxima de $2^m,50$; elle communique avec le lac de Bizerte par un émissaire sinueux,

(1) Séance du 29 mars 1923.

(2) Feuilles *Djebel Achkel* et *Mateur* à $\frac{1}{50000}$.

l'Oued Tindja, et joue ainsi le rôle d'un bassin de décantation pour les eaux continentales. En été, l'évaporation tend à produire une dénivellation de la surface libre des eaux de cette dernière, l'équilibre est cependant maintenu, d'une façon continue, par l'afflux de l'eau marine du lac de Bizerte qui remonte l'émissaire et crée, de la sorte, un courant, souvent signalé par les géographes arabes du moyen âge.

Entre la Garaet et la Plaine, sensiblement au centre de la dépression, surgit le chaînon abrupt du Djebel Achkel (508^m) dirigé NNE-SSW. Dans la plaine émergent les deux petits dômes de calcaires maestrichtiens de Ras el Aïn (69^m) et de Mateur (68^m), dont le substratum triasique apparaît sur le flanc NE de la colline qui porte le marabout de Sidi Embarek ez Zidi.

La dépression de la Garaet et de la Plaine est creusée dans la zone des écailles chevauchantes triasiques-sénoniennes-éocènes des plateaux des Hedil et de la bordure méridionale du pays des Mogods.

Malgré la présence d'une série de terrasses quaternaires qui entourent la dépression et qui masquent parfois les terrains sous-jacents, la structure en écailles imbriquées s'observe facilement sur les côtés Nord, Ouest et Sud : le Trias apparaît toujours comme le terme le plus inférieur des séries chevauchantes et ses affleurements, qui se relient évidemment les uns aux autres, sont nombreux et importants : Djebel Beni Aoussine, Djebel Cheniti, Djebel Tarf, Henchir Djalta, Sidi Salem, Henchir Rezala, Henchir Mezakène, Henchir Kaoer Azouz, Henchir Ras er Radjel, Sidi Embarek ez Zidi, Kef en Nesoura, Aïn Semal, Djebel el Hallouf, Djebel Tantna, Djebel Sakkak.

Sur les côtés Nord-Est, Est et Sud-Est, la structure imbriquée n'est plus apparente, et le Trias (sel, marnes bariolées et gypse) se montre seul, recouvert par des assises néogènes dont l'ensemble dessine deux rides anticlinales dirigées NNE-SSW (Djebels Malah-el Messefetine et Djebels Sakkak-Djouma Srira) séparées par deux synclinaux, le Sénonien disparaît complètement et l'Éocène inférieur n'est plus représenté, suivant certaines lignes de contacts anormaux, que par des blocs-klippes peu développés (Djebels Terguellach, el Mehatri Douamis, Kef en Nesoura, Sfaïa).

Au peid des Djebels Berna, Malah, el Messefetine et Chegaga, la bordure de la plaine de Mateur coïncide vraisemblablement avec une faille de direction N-S, longue d'environ 5^{km} et qui tronque l'anticlinal formé par ces reliefs.

Il résulte de tout cela que la Plaine de Mateur et la Garaet Achkel sont entièrement encerclées par des terrains triasiques.

Le Djebel Achkel est un dôme comprenant : (*a*) un noyau très plissé (plis en cascade), visible seulement sur le revers sud et formé de schistes lustrés (avec Bélemnites du groupe de *B. clavatus*, près du sommet de la montagne) de phyllites brunes, de calcaires métamorphiques cristallins gris ou noirs, de quartzites jaunes ; (*b*) une couverture, discordante sur les couches précédentes, de marnes grises, de calcaires dolomitiques et de calcaires marbres, qui n'existe que sur le revers nord et plonge sous la Garaet Achkel. Au Sud, les couches (*a*) plongent sous le marais de la zone d'épandage de l'Oued-Joumine, tandis qu'aux extrémités NE et SW on observe des pendages périclinaux vers le NE et le SW. A la base du revers NE se trouve une faille de direction NE-SW, qui tronque les calcaires dolomitiques de la série (*b*) et fait apparaître un groupe de sources thermales (21° à 30°) faiblement sulfureuses.

Les assises du Djebel Achkel rappellent certaines couches du Lias et du Jurassique d'Algérie, mais leur âge précis demeure incertain par suite de l'insuffisance des matériaux paléontologiques, et il suffit, pour l'instant, de retenir leur âge secondaire et postriasique.

Plongeant de toutes parts sous la bordure triasique de la plaine et de la Garaet, le Djebel Achkel doit être considéré comme appartenant au soubassement de ce Trias qui joue, à son égard, le rôle d'une *carapace* et laisse, dès lors, apercevoir son allure en *nappe de charriage*. L'ensemble de la plaine de Mateur et de la Garaet Achkel forme donc une *fenêtre* dans cette nappe [1].

Ces constatations corroborent, en ce qui concerne l'allure du Trias et l'existence d'un Vindobonien effondré sous les alluvions de la plaine, les observations faites, en 1917, par MM. L. Gentil et L. Jolleaud [2], sur la tectonique de la même région.

D'ailleurs, le substratum de l'Achkel étant lui-même inconnu, il est impossible d'affirmer si la nappe mentionnée est réellement individualisée ou si elle n'est qu'une digitation d'une nappe plus importante.

La terminaison de la masse charriée, au sud, à l'est et au nord-est de la plaine de Mateur se fait, comme dans les régions classiques de nappes écailles (Subcarparthes) par une zone de plis déversés (Trias des Djebels

---

(1) M. P. Termier (*Bull. Soc. Géol. de France*, 4e série, t. 8, 1908, p. 105-107) a également observé, au nord de Béjà (Henchir Djegaga), le recouvrement de calcaires dolomitiques aptiens par la même nappe triasique. Il y aurait peut-être un rapprochement à faire entre ces calcaires et les calcaires dolomitiques de l'Achkel.

(2) L. Gentil et L. Joleaud, *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 365.

Malouia et Hallouf, Tantna, Sakkak déversé sur le Vindobonien de la bordure ouest de la plaine de la Mabtouba), présentant parfois l'allure d'anticlinaux diapyrs [Trias dyapyr de Sidi Dekounia-El Mehalla déversé au Nord-Est sur le Vindobonien de la partie nord de la plaine de la Mabtouba, et déjà signalé par MM. les professeurs L. Mrazec (1) et M. Dalloni (2), diapyr d'El Alia]. Le long des lignes de contacts anormaux ou de percement, apparaissent des blocs-klippes de calcaires éocènes (généralement glauconieux et même phosphatés avec Polypiers, Gastropodes, dents de Squales) appartenant aux formations qui recouvrent normalement le Trias dans la zone des écailles des Hédils et des Mogods. Telles sont les klippes du Kef en Nesoura, des Djebels Terguellache, El Mehairi, Douamis Sfaia près de Sidi ed Dekounia. Au Djebel Touahène, près d'El Alia, on observe une klippe formée de calcaire sénonien, de marnes suessoniennes et de calcaires et nummulitiques phosphatés.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Contribution à l'étude des parasites atmosphériques.* Note de M. F. **Baldet**, présentée par M. Henri Deslandres.

Les études sur les états orageux faites avec M. Bounhiol, m'ont amené à la recherche de courants induits à *basse fréquence*, d'origine tellurique ou atmosphérique, dans les conducteurs situés près du sol. Ces recherches, commencées à Alger, ont été achevées à l'Observatoire de Meudon.

I. On sait depuis longtemps que les systèmes récepteurs de T. S. F., construits pour recevoir des ondes de haute fréquence, décèlent des ondes « parasites » d'origine atmosphérique, et peut-être aussi tellurique, qu'on ne parvient pas à syntoniser. Le circuit oscillant du récepteur vibre avec sa période propre comme sous l'action d'un choc.

Pour la recherche des courants de basse fréquence faisant l'objet de cette Note, j'ai utilisé un circuit apériodique, sans détecteur et de self assez élevée pour arrêter les courants de haute fréquence. L'appareil est constitué simplement par un cadre carré de 2^{m} de côté, orientable dans

(1) L. Mrazec, *in litteris*, 1918.

(2) M. Dalloni, *La Géologie du pétrole et la recherche des gisements pétrolifères en Algérie,* Alger, 1922, p. 283.

toutes les directions, recouvert de trois couches de fil de cuivre isolé de $0^{mm},9$ de diamètre; il y a en tout 160 spires; la résistance totale vaut 35 ohms et la self 0,16 henry. Les extrémités du fil sont reliées aux bornes T. P. S. d'un amplificateur à basse fréquence à trois lampes (modèle 3 *ter* de la télégraphie militaire), par conséquent, fonctionnant sans lampe détectrice.

L'observation montre que l'on entend au récepteur téléphonique de l'amplificateur — en outre des ronflements dus aux courants industriels de la contrée — des parasites sous forme de claquements, craquements, bruits de friture, analogues à ceux donnés par un récepteur de T. S. F. au même moment. Avec ce dispositif, seul ou muni d'un détecteur, il est impossible de déceler les ondes émises par les postes même rapprochés comme celui de la Tour Eiffel.

Si l'on relie le cadre à un thermogalvanomètre de Duddell, par l'intermédiaire d'un petit transformateur, et qu'on écoute en même temps au téléphone, on constate que le son de certains bruits de friture devient plus grave, puis s'étouffe et cesse pendant quelques secondes et, cependant, le galvanomètre dévie toujours de la même quantité, mettant ainsi en évidence la présence de courants induits dont la fréquence est parfois si basse qu'elle ne donne plus de son au téléphone.

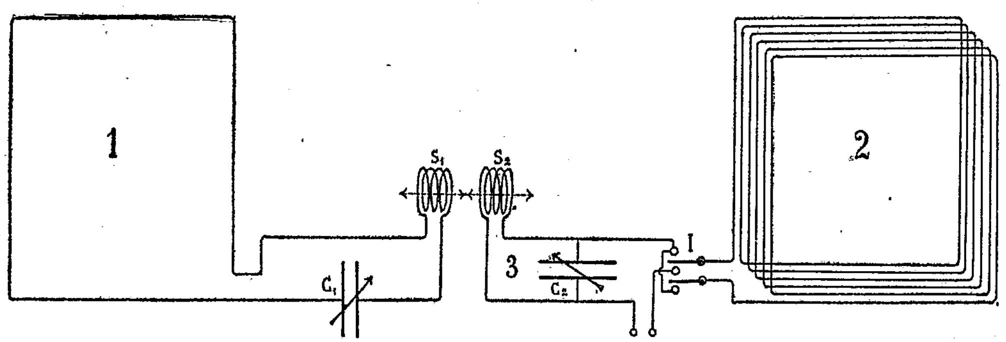
En orientant convenablement le cadre apériodique, les parasites passent par un maximum; le plan du cadre est alors incliné sur l'horizon. On ne trouve aucune position pour laquelle il y ait extinction. En lui ajoutant des capacités et self variables pour le transformer en circuit oscillant de fréquence acoustique, on n'arrive jamais à renforcer le son des parasites.

II. L'élimination des parasites présente une grande importance pratique pour l'avenir des transmissions radiotélégraphiques à grande distance. Voici les résultats d'un essai tenté dans cette voie.

Le cadre apériodique possédant la propriété de recevoir seulement les parasites, je l'ai opposé, comme le montre le schéma ci-après, à un cadre oscillant ordinaire qui reçoit à la fois les parasites et les ondes des stations émettrices.

Les parasites reçus par le cadre 2 ébranlent le circuit oscillant 3 qui vibre alors avec sa période propre. Il reçoit, en même temps, par les selfs de couplage S_1 et S_2, les ondes de T. S. F. et les parasites venant du cadre 1. Un affaiblissement des bruits parasites, sinon leur extinction, pourra se produire lorsque les ondes qui circulent dans le circuit 3 auront même intensité et seront déphasées de 180°. On donne le sens convenable

au courant venant du cadre 2 au moyen du commutateur I; l'intensité, toujours plus forte dans le cadre 1, est réglée par la distance de S_1 et S_2, et la phase convenable obtenue par le jeu des capacités variables C_2 ou C_1. Les appareils récepteurs sont enfermés dans une cage de Faraday. Les deux cadres, situés à quelques mètres l'un de l'autre, sont parallèles. L'amplificateur est à six lampes : trois en haute fréquence, une détectrice, deux en basse fréquence (modèle L_1 de la télégraphie militaire). Une hétérodyne complète l'installation.



1, cadre à 16 spires écartées; 2, cadre à 160 spires serrées (apériodique); 3, circuit de résonance; C_1, C_2, condensateurs variables; S_1, S_2, selfs à couplage variable; I, commutateur; L, amplificateur.

L'expérience montre qu'une fois les réglages effectués, la manœuvre du commutateur I ne fait pas varier l'intensité de la réception d'un poste, mais que les parasites donnant le bruit continu de friture sont affaiblis (environ de moitié). L'affaiblissement est d'autant plus marqué que le nombre de spires utilisées sur le cadre 2 est plus grand. Les 160 spires ont été insuffisantes pour arriver au maximum d'affaiblissement. Les claquements et craquements ne sont pas modifiés.

Ce dispositif permet l'élimination d'un parasite industriel gênant : c'est le bruit intense de friture accompagnant l'émission d'ondes entretenues par l'arc de la Tour Eiffel et qu'on entend sur une gamme étendue de longueurs d'ondes. En opérant comme pour les parasites atmosphériques, on arrive à l'éteindre par simple manœuvre du commutateur I. L'extinction est presque totale lorsqu'on travaille sur des ondes d'environ 6000^m. Elle est un peu moins bonne sur les ondes courtes, par exemple sur 450^m ou 600^m. Là encore, il semble qu'un plus grand nombre de spires au cadre apériodique soit nécessaire. Les essais sur courtes longueurs d'ondes ont été faits en modifiant les selfs S_1 et S_2 et en substituant à l'amplificateur L_1 un amplificateur $L_{2\,bis}$, spécial pour courtes longueurs d'ondes.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le vacuome dans les grains de pollen des Gymnospermes.* Note (¹) de M. PIERRE DANGEARD, présentée par M. P.-A. Dangeard.

La méthode des colorations vitales, qui a donné lieu déjà à d'importantes recherches chez les Végétaux, n'a pas encore été expérimentée sur les grains de pollen.

Les exemples étudiés ici à l'aide de cette méthode appartiennent aux Taxinées (*Taxus*, *Cephalotaxus*) et aux Cupressinées (*Cupressus*, *Biota*). Dans tous les cas observés, le pollen se montre enveloppé d'une membrane assez épaisse, cutinisée et résistante qui forme la partie périphérique de l'exine; au-dessous se trouve une couche mince non cutinisée qui a la propriété de se gonfler énormément dans l'eau, ce qui provoque la rupture de la coque.

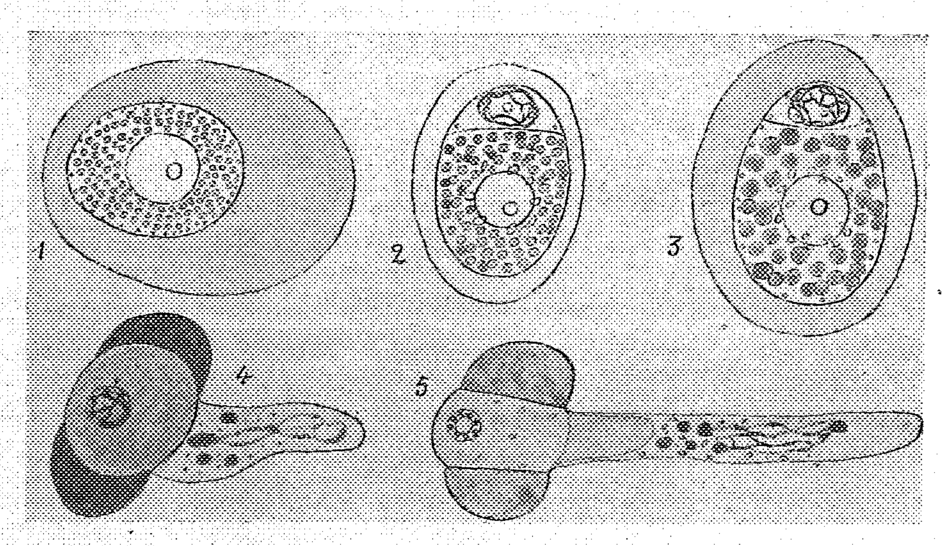
Chez *Taxus baccata*, où le pollen est unicellulaire durant tout l'hiver, depuis la division des cellules mères jusqu'au moment de la maturité complète, on obtient de bonnes colorations vitales par l'emploi du rouge neutre. Un peu avant maturité, au mois de février, le grain de pollen renferme une seule grande vacuole et le noyau est pariétal; puis il se produit un morcellement du vacuome et, lorsque le pollen est mûr, on observe au sein du cytoplasme un très grand nombre de sphérules vacuolaires disposées côte à côte; le noyau a pris alors une position centrale (*fig.* 1).

Chez *Cephalotaxus Fortunei*, le pollen est d'abord unicellulaire, comme on peut l'observer durant le mois d'avril : il existe alors un vacuome formé d'un nombre réduit de grosses sphères vacuolaires d'apparence aqueuse, qui fixent électivement le colorant vital. Plus tard se produit une division en deux cellules inégales, qui sont la *cellule végétative* et la *cellule générative*. La première est destinée à fournir au moment de la germination du pollen la cellule du tube pollinique, tandis que la seconde donne naissance, après une première division en *cellule pédicelle* et *cellule anthéridiale*, à deux cellules mâles.

Or, lorsque la cloison mitoyenne s'établit, elle sépare le vacuome en deux parties : l'une, formée d'un petit nombre de sphères vacuolaires, se trouve isolée dans la cellule générative; l'autre partie, de beaucoup la plus considérable, demeure à l'intérieur de la grande cellule végétative.

(¹) Séance du 19 mars 1923.

A partir de ce moment, le vacuome, jusque-là homogène, va se différencier : dans la grande cellule il demeure sans modifications sensibles. Au contraire, dans la cellule générative, la substance du vacuome prend une consistance épaisse, de sorte qu'elle est malaxée de diverses façons par les mouvements cellulaires, et présente alors des formes de réseaux très modifiables, qui sont parfois très ténus parce que la quantité de matière vacuolaire est faible.



Colorations vitales du pollen (rouge neutre).

Fig. 1. — Pollen mûr de *Taxus baccata*; le grain de pollen est entouré d'une enveloppe mucilagineuse; nombreuses sphérules vacuolaires.

Fig. 2. — Pollen mûr de *Cephalotaxus Fortunei*; amidon autour du noyau; vacuome en sphérules dans la cellule végétative, en réseau dans la cellule générative.

Fig. 3. — Pollen mûr de *Cupressus Lawsonia*; amidon autour du noyau; vacuome en sphérules dans la cellule végétative, en réseau dans la cellule générative; microsomes à la périphérie.

Fig. 4 et 5. — Grains de pollen germés de *Pinus Armandi*. Vacuome en réseau au sein du cytoplasme du tube pollinique, cellule anthéridiale demeurée à l'intérieur du grain.

Figures 1, 2, 3 : Gr. = 800. — Figures 4, 5 : Gr. = 400.

En même temps on observe que la nature chimique du vacuome s'est modifiée, car le suc vacuolaire de la cellule végétative se colore en rose par le rouge neutre, tandis que celui de la cellule générative se teint en rouge orangé, ce qui atteste un caractère légèrement alcalin.

Chez les Cupressinées (*Cupressus*, *Biota*), le pollen mûr est bicellulaire comme chez *Cephalotaxus* et le vacuome présente les mêmes différences suivant qu'il s'agit de la cellule végétative ou de la cellule générative.

Nous avons pu étudier également des germinations de grains de pollen

chez un Pin (*Pinus Armandi*) : Le tube pollinique renferme un vacuome colorable vitalement qui dérive évidemment de celui du grain de pollen mûr; les vacuoles sont tantôt arrondies et alors de grosseur variable, tantôt en forme de réseaux. La cellule anthéridiale demeurée à l'intérieur du grain est visible au travers de la coque et l'on peut discerner soit un cercle de petites vacuoles colorées, soit un réseau entourant son noyau.

Ces recherches ont été complétées par l'examen des constituants cytoplasmiques : alors que les plastes se trouvent répartis en majorité autour du noyau et à son contact et que les sphères vacuolaires occupent une position moyenne au sein du cytoplasme, la zone périphérique du grain de pollen, au voisinage de la membrane, contient ordinairement de nombreux et très petits éléments arrondis ayant les caractères des microsomes.

Le vacuome des grains de pollen chez les Conifères présente un intérêt spécial, car ces éléments ne germent, comme les graines, qu'après une période de repos assez longue qui peut atteindre un an chez certains genres.

La présente Note a montré : 1° que le vacuome des grains de pollen contient, comme celui des graines, une substance en solution colloïdale plus ou moins épaisse qui a le caractère de se colorer vitalement; cette substance a des propriétés à la fois osmotiques et électives; 2° que les vacuoles peuvent se présenter sous des aspects différents : à l'état de sphérules arrondies, ou à l'état de très fins réseaux (cellules germinatives); 3° que la substance contenue dans ces vacuoles a une réaction acide ou légèrement basique; 4° qu'une continuité directe existe, comme dans la germination des graines, entre le vacuome des grains de pollen et celui des boyaux polliniques.

PHYSIOLOGIE. — *Intervention de la rate dans les phénomènes d'adaptation aux changements de salinité.* Note de Mlle **France Gueylard**, présentée par M. Charles Richet.

Des considérations théoriques, qui seront exposées ailleurs par M. P. Portier, nous ont amenée à rechercher si la rate intervenait dans le mécanisme grâce auquel certains poissons supportent le passage, sans transition, de l'eau douce dans l'eau plus ou moins salée.

1° *Rate de l'Épinoche.* — On sait que l'Épinoche (*Gasterosteus aculeatus* var. *leiurus*) est un des poissons qui possèdent cette adaptation. Il nous a

semblé intéressant de comparer la taille de sa rate à celle d'autres poissons non adaptés aux changements de salinité.

Voici les résultats : le poids de la rate fraîche est rapporté à 100^{g} du poids total du poisson ; nos chiffres sont la moyenne d'un grand nombre de déterminations :

Espèces étudiées.	Poids pour 100 de la rate.
Goujon (*Cyprinus gobio*)	0,065
Perche (*Perca fluviatilis*)	0,120
Gardon (*Cyprinus rutilus*)	0,200
Carpe (*Cyprinus carpio*)	0,225
Épinochette (*Gast. pungitius*)	0,270
Épinoche (*Gast. leiurus*)	0,535

On voit donc que l'Épinoche possède une rate beaucoup plus volumineuse, comparativement à son poids, que celle d'autres poissons d'eau douce ne présentant pas la même adaptation.

2° *Action sur la rate des changements de salinité de l'eau ambiante.* — Des Épinoches sont transportées de l'eau de source dans la même eau additionnée de 20^{g} de chlorure de sodium par litre.

On sait que, dans ces conditions, le poisson diminue d'abord de poids, mais qu'il regagne spontanément son poids primitif au bout d'un temps très court (une à deux heures) [1]. Voici comment varie le poids de la rate chez les Épinoches ainsi traitées :

Durée du séjour dans le NaCl à 20 pour 1000.	Poids de la rate pour 100.
0 minute	0,535
15 minutes	0,356
2 heures	0,266
24 heures	0,222
3 jours	0,215

Sous l'influence de l'eau salée, la rate diminue rapidement de poids. Le minimum est à peu près obtenu au bout de 24 heures. A ce moment la rate a perdu environ la moitié de son poids.

---

(1) F. Gueylard et P. Portier, *Variations de poids de l'Épinoche passant d'un milieu dans un autre de salinité différente* (*C. R. Soc. Biol.*, t. 80, 1917, p. 538), et F. Gueylard, *Variations de poids de l'Épinoche passant de l'eau douce dans des solutions de chlorure de sodium à différentes concentrations* (*C. R. Soc. Biol.*, t. 87, 1922, p. 969).

Il était nécessaire d'étudier les variations de poids de cet organe pour des concentrations diverses du milieu extérieur. Des Épinoches sont sacrifiées après 24 heures de séjour dans des solutions dont la teneur en chlorure de sodium varie de 0^g à 20^g par litre.

Teneur en chlorure de sodium par litre.	Poids de la rate pour 100.
g 0	0,535
5	0,475
10	0,300
15	0,230
20	0,222

On voit que la diminution de la rate est d'autant plus accentuée que la concentration en chlorure de sodium est plus élevée; cependant la diminution maxima est atteinte au voisinage de 15 pour 1000 et reste sensiblement la même aux concentrations supérieures.

Signalons enfin qne la rate des poissons qui ont séjourné dans l'eau salée présente un changement d'aspect très frappant. Elle est flasque, sa coloration habituelle rouge brun a fait place à une teinte jaune rougeâtre. Ces différences sont d'autant plus marquées que la concentration saline du milieu d'expérience est plus élevée ou la durée de séjour plus longue.

Les autres organes du poisson ne nous ont pas paru participer aux changements observés dans la rate. C'est ainsi que le foie conserve son apparence normale et qu'il ne subit pas de modifications pondérales importantes; le Tableau suivant donne les moyennes des mesures faites sur cet organe chez des Épinoches ayant vécu plus ou moins longtemps dans l'eau douce additionnée de 20^g de chlorure de sodium par litre :

Durée du séjour dans le NaCl à 20 pour 1000.	Poids du foie pour 100.
0 minute	4,35
15 minutes	4,29
24 heures	4,20

Les variations brusques de salinité du milieu extérieur ont donc une action très particulière sur la rate des Épinoches; à côté de modifications d'aspect nettes, elles abaissent le rapport du poids de cet organe au poids total du corps jusqu'à un minimum très rapidement atteint et dont la valeur est réglée par la plus ou moins haute teneur en sels de l'eau où l'on a fait vivre ces poissons.

PHYSIOLOGIE. — *Imperméabilité à l'urée de divers tissus des poissons Sélaciens.* Note de MM. **Marcel Duval** et **P. Portier**, présentée par M. Charles Richet.

Les poissons Sélaciens possèdent un milieu intérieur dont la pression osmotique est égale ou même légèrement supérieure à celle de l'eau de mer environnante. On sait que ce milieu intérieur renferme une très forte proportion d'urée (environ 20^g par litre). Cette substance organique semble donc contribuer pour une large part à l'établissement de la pression osmotique du milieu intérieur; le complément étant fourni par des substances salines.

On a établi d'autre part que l'urée possède la propriété remarquable de pénétrer librement dans la cellule des êtres vivants. Les globules rouges de Mammifères, par exemple, placés dans une solution de chlorure de sodium à 1 pour 100 conservent la même valeur si l'on additionne cette solution de quantités croissantes d'urée. Ils n'accusent pas l'augmentation de pression osmotique du milieu externe comme ils le feraient pour une substance saline; en d'autres termes, l'urée n'a pas d'influence sur la plasmolyse. On a d'ailleurs vérifié qu'elle pénétrait à l'intérieur de la cellule où on la retrouve par des dosages chimiques.

Il semble donc exister une contradiction entre les deux ordres de faits que nous venons de rappeler. On est en effet amené à admettre que, chez le Sélacien, l'accumulation d'urée dans le milieu intérieur est une conséquence de l'imperméabilité, tout au moins relative, pour cette substance, de la branchie, des téguments, et du rein qui séparent le milieu externe du milieu interne.

Nous avons pensé qu'il était possible de soumettre cette conception à une vérification expérimentale.

Les expériences ont été réalisées au Musée océanographique de Monaco sur *Scyllium caniculus*. Elles consistent à remplacer l'eau de mer qui entoure le poisson par une solution d'urée dans l'eau ordinaire.

Les poissons séjournent dans cette solution artificielle un temps suffisant pour que leur réaction osmotique ait le temps de s'accomplir. On les saigne alors, et l'on détermine au moyen du cryoscope la pression osmotique de leur sang. On a déterminé, d'autre part, celle du milieu extérieur. Les résultats sont consignés dans le Tableau suivant :

Temps de séjour dans la solution.	Température de congélation de la solution d'urée (milieu extérieur).	Température de congélation du sang du poisson (milieu intérieur).
2 heures 30 minutes	—0,36	—1,53
2 heures	—0,54	—1,85
2 heures	—0,81	—1,60
2 heures	—1,26	—1,92
2 heures	—1,50	—1,82
3 heures 30 minutes	—1,95	—2,14
5 heures 30 minutes	—2,70	—2,48

Si l'on veut bien se reporter à un travail antérieur que nous avons publié sur les variations de la pression osmotique du sang des Sélaciens en fonction de la teneur en sels de l'eau de mer ([1]), on verra que, au contact de cette solution d'urée, le poisson modifie la pression osmotique de son milieu intérieur, comme il le ferait, si le milieu externe *ne contenait que des sels.*

D'alleurs, un Scyllium placé dans un liquide composé d'un litre d'eau de mer et d'un litre de solution d'urée de $\Delta = -2^\circ{,}02$ (sensiblement isotonique à celle de l'eau de mer), conserve aussi à peu près sa pression osmotique normale ($\Delta = -2^\circ{,}01$).

Conclusion. — La branchie et les téguments des Sélaciens semblent bien imperméables à l'urée dans le sens du milieu externe vers le milieu interne, comme ils le sont en sens inverse.

Ces résultats amènent à envisager un nouveau problème. Les globules du sang et, d'une façon plus générale, les cellules des organes internes du Sélacien sont-ils perméables ou imperméables à l'urée? C'est ce que des recherches en cours permettront sans doute de décider.

BIOLOGIE. — *La loi de viviréaction en Biologie et en Pathologie.* Note de M. **Jules Amar**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Définition. — Sous le nom de « Loi de viviréaction » nous avions exprimé le fait suivant :

« Tout acte pathologique ou physico-chimique qui tend à atténuer les phénomènes d'oxydation organique provoque, par un mécanisme de défense, un accroissement relatif de la ventilation pulmonaire. »

([1]) *Comptes rendus*, t. **174**, 1922, p. 1493.

« Qu'y a-t-il, ajoutions-nous, au fond de cette constatation ? Indubitablement, la présence d'un mécanisme *nerveux* réactionnel ou réflexe. Dans le monde végétal, la réaction est protoplasmique, à effets limités et faiblement défensifs » ([1]).

Démonstration. — Donnons d'abord une démonstration nette de cette loi.

1° Un homme respire de l'air confiné, provenant d'un gazomètre, et dans lequel on a titré 3 à 5 pour 100 de *gaz carbonique*.

Suivant le titre employé, la ventilation des poumons s'est élevée de 20 à 40 pour 100. Ce plus grand volume d'air permet au sang de prélever, *autant que possible*, la quantité d'oxygène nécessaire à l'hématose.

2° Une circonstance où les oxydations sont menacées est celle de la respiration aux hautes altitudes. A ce niveau, en effet, le titre de l'oxygène est affaibli, et l'on constate, de même, une *augmentation de la ventilation*. Le séjour en montagne finit, à la longue, par régulariser ce mécanisme compensateur en multipliant les globules rouges du sang, chargés de véhiculer l'oxygène.

Double résultat que l'on a aussi observé chez les aviateurs, à condition qu'ils aient effectué plus de trois mois de vol (Kaulen).

Nous allons, maintenant, établir la généralité de la loi de viviréaction en Biologie et en Pathologie.

Le domaine biologique de la viviréaction. — Le mécanisme qui provoque l'accroissement de ventilation tend à garantir aux organismes la masse d'oxygène qui leur est nécessaire. En est-il ainsi pour toute cellule, végétale ou animale, on bien *le système nerveux est-il indispensable à la réaction ?*

Il est facile de répondre.

L'oxydation intra-organique est une opération vitale commune aux plantes et aux animaux; elle affecte tout protoplasma. Et le facteur physique qui en augmente l'intensité, c'est la *température*. Elle le fait jusqu'à un maximum, celui que présentent, précisément, l'homme et les animaux *homéothermes*, soit 37° à 40°. Une température aussi élevée répond à la nature et à la vitesse des opérations physiologiques des animaux supérieurs. Ils s'efforcent de la maintenir constante en dépit du milieu extérieur (froid ou chaud) et de la contraction musculaire.

Un tel réglage est l'œuvre du système nerveux. Il ne peut le faire qu'en

---

([1]) Jules Amar, *Les lois scientifiques de l'éducation respiratoire*, p. 56-57, Paris, 1920 (chez Dunod).

élevant ou abaissant l'intensité des combustions cellulaires, et leur pouvoir thermogénétique. Il amplifie ou réduit la ventilation pulmonaire. Autant dire que, pour atteindre au même résultat, la viviréaction implique la présence et l'intégrité des centres nerveux. Et, naturellement, elle ne saurait exister chez le végétal, ni sensiblement chez l'animal *hétérotherme*, la grenouille par exemple. En définitive, on peut conclure ceci :

La viviréaction est un mécanisme nerveux de défense de la combustion cellulaire, remarquable surtout chez les animaux à température constante.

Les faits ci-dessus, et d'autres que nous verrons, établissent que la défense a lieu contre tout agent susceptible d'atténuer la fixation d'oxygène, ou se comportant en *réducteur*.

Les « anti-oxygènes » de MM. Moureu et Dufraisse. — Or l'essence de la vie est une oxydation; les quelques phénomènes de réduction, observés par les auteurs, sont étrangers aux *tissus énergétiques* : sang, muscles, nerfs; ils interviennent comme neutralisants des toxines ou modérateurs. Ainsi la fonction réductrice de *l'adrénaline* est subordonnée à sa fonction antitoxique, et ne saurait nous faire illusion. La vie est *incompatible* avec l'existence d'agents désoxydants, ou mieux *anti-oxydants*.

Dans une intéressante série de recherches, MM. Moureu et Dufraisse définissent le caractère de ces agents qu'ils nomment : les « anti-oxygènes » [1].

Ces savants établissent que la pyrocatéchine, l'hydroquinone, etc., entravent l'oxydation par l'oxygène libre d'un grand nombre de substances (aldéhydes, essence de térébenthine, etc.) et ils attribuent cette propriété à la fonction phénol. Par une série méthodique d'expériences, ils sont conduits à voir dans cette action un *phénomène catalytique*, disons un *effet de surface*.

Je ne retiendrai que les considérations biologiques de leur étude. MM. Moureu et Dufraisse signalent que les *tannins* se rencontrent chez les plantes, et ce sont des substances phénolées, des « ralentisseurs » de la combustion vitale. Fait qui s'explique par l'absence de viviréaction, et le caractère *purement protoplasmique* des oxydations de la cellule végétale. En elles peuvent s'accumuler les anti-oxygènes, parce qu'ils ne gênent pas ses opérations physiologiques; il n'y a point de réglage de température. Même

---

(1) CH. MOUREU et CH. DUFRAISSE, *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 258; t. 175, 1922, p. 193; t. 176, 1923, p. 624.

les *alcaloïdes* les plus toxiques ne la troublent aucunement : atropine, conicine, morphine, cocaïne, strychnine, etc.

Certains de ces alcaloïdes ont un effet *anesthésique* connu. Or, le gaz carbonique, que nous avons vu provoquer la viviréaction, est également un anesthésique (Paul Bert). « Il est à croire, observions-nous à propos de l'air confiné, que l'anesthésie n'est rien d'autre que l'inhibition, ou simplement le ralentissement des oxydations cellulaires. » (*Loc. cit.*). Examinant, à ce point de vue, les *toxines de la cellule*, les *poisons microbiens*, les *venins*, les *alcools*, on leur trouve à tous ce pouvoir anti-oxygène et anesthésique. Il s'ensuit que tous provoquent, dans l'organisme animal, la viviréaction défensive, mais non dans celui du végétal.

Chez les homéothermes, les globules du sang ont un rôle physique, celui de *vecteurs d'oxygène*, et seule l'influence nerveuse augmente ou diminue l'intensité des combustions. Lorsque, à l'exemple de MM. Moureu et Dufraisse, on isole le sang de cette influence, et qu'on le soumet aux anti-oxygènes, sa capacité respiratoire ne peut donc pas en être affectée; c'est la capacité respiratoire protoplasmique dont nous savons qu'elle n'est pas modifiable par les anesthésiques (cas des végétaux, des animaux hétérothermes.)

Les deux savants chimistes l'ont en effet parfaitement reconnu.

Tout au contraire, si le sang circulant d'un homéotherme est en proie à l'asphyxie, s'il ne reçoit pas assez d'oxygène à cause d'un séjour prolongé en haute montagne, il éprouve assez vite, grâce à la viviréaction, une transformation cytoplastique : les globules deviennent, comme on l'a dit, plus petits et plus nombreux, offrant à l'oxygène de l'air extérieur une *surface de transport* croissante.

Et nous concluons qu'au point de vue biologique, la loi de viviréaction gouverne et défend l'organisme des animaux supérieurs.

HÉMATOLOGIE. — *Sur la différenciation spécifique de la cellule hématique chez les Métazoaires.* Note de M. **L.-M. Betances**, présentée par M. Henneguy.

Nous avons constaté [1] que les diverses formes de la chromatine de la cellule hématique des Métazoaires ne sont pas caractéristiques ni des cellules

[1] *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p 1002; t. 176, 1923, p. 265.

myéloïdes, ni des cellules lymphoïdes ou histioïdes. On peut uniquement reconnaître d'après ces formes une cellule jeune et non différenciée (lorsque le noyau est en repos ou en voie d'accroissement ou de division), ou bien une cellule mûre et tendant vers la sénescence (lorsque le noyau est en voie de chromatorrhexis, de chromatolyse ou de pycnose), mais pas autre chose. On trouve des formes intermédiares, stades transitoires du noyau, lors de la différenciation ontogénétique et spécifique de la cellule ou pendant les états pathologiques. Lorsque l'on veut distinguer les espèces cellulaires sanguines, leur morphogenèse et leur origine, il faut tenir compte de l'ensemble des caractères (habitus, structure totale nucléaire et cytoplasmique) obtenus seulement au moyen des méthodes panoptiques. On connaît les différentes espèces et variétés de cellules hématiques chez les Vertébrés, mais étant donné qu'il existe les mêmes espèces chez les Invertébrés, il faut que la différenciation spécifique ou phylétique de cette cellule consiste en l'apparition dans son cytoplasme d'un produit déjà granuleux, de forme variable ou amorphe. Nous avons constaté d'autre part des faits venant confirmer ou infirmer ceux déjà vus par Cuénot et Kollmann :

1° La granulation neutrophile ou ε d'Ehrlich de l'Homme ne se trouve que chez certaines espèces de Mammifères, chez les Batraciens, chez un certain nombre de Poissons et de rares Tuniciers. Chez ces animaux la granulation est soluble dans l'eau, les acides et les alcalis étendus. Mais certains caractères morphologiques la différencient parmi les différentes classes. Chez les Mammifères, les granulations ne sont pas uniformes ni de même grandeur; chez les Batraciens et la plupart des Poissons, c'est une fine poussière presque homogène ; chez la *Clavellina* elle est plus grossière que chez les Poissons. Chez les Mammifères elle est basoérythrophile, non basocyanophile ni oxyphile à l'état mûr; chez les autres animaux, elle est basocyanophile, mais très faiblement.

2° La granulation monooxyphile ou α d'Ehrlich ne se trouve que chez les Mammifères avec ses mêmes caractères d'insolubilité et de forme; chez quelques types seulement, elle est volumineuse et quelque peu moins résistante aux solvants. Chez de rares Invertébrés on trouve des granulations semblables, différant par leur manque de monooxyphilie ou par un moindre degré de résistance. Elle n'est pas constante chez tous les Poissons; un peu moins résistante que chez les Mammifères, chez les Batraciens, les Reptiles et les Oiseaux, variant de forme chez certaines espèces de ces deux dernières classes.

3° La granulation monobasophile ou γ d'Ehrlich se trouve chez la plupart

des Invertébrés et chez tous les Vertébrés avec les mêmes caractères morphologiques de chromatophilie et de solubilité. Parmi les divers animaux, il n'y a de différence que dans leur nombre. Rares ou exceptionnelles chez certaines espèces d'Invertébrés et chez les Poissons, elles sont abondantes chez les Batraciens, très abondantes chez les Reptiles, les Oiseaux et certains Mammifères, peu abondantes chez l'Homme.

4° La granulation amphophile ou β d'Erlich se trouve chez la généralité des Invertébrés et des Vertébrés inférieurs et chez certains Mammifères, avec un degré à peu près égal de solubilité dans les solutions alcalines. A remarquer que chez les Mammifères elle est toujours en forme de cristalloïde, tandis qu'ailleurs elle peut aussi être ronde et de différentes grandeurs. Chez les Vertébrés, elle est amphooxyphile et légèrement basoérythrophyle; chez les Invertébrés, elle est amphooxyphile et légèrement cyanophile.

5° L'hémoglobine ne se trouve que chez les Vertébrés et quelques rares Invertébrés; l'hémérythrine ne se trouve que chez certains Géphyriens. Ces deux substances ont le même degré de solubilité et la même chromophilie.

L'hémocyanine cellulaire de même que l'échinochrome ne se trouvent que dans un nombre réduit d'Invertébrés, mais se rapprochent par la chromophilie des substances précédentes (1). On voit d'après ces faits que les produits morphologiques représentent une fonction cellulaire et servent à caractériser les espèces et variétés de cellules hématiques : ils sont moins constants et variés chez les Invertébrés que chez les Vertébrés inférieurs et beaucoup moins que chez les Mammifères. Le produit neutrophile des Vertébrés inférieurs diffère de celui des Mammifères par sa forme. Le monooxyphile est toujours basophile au début de sa formation, mais celui des Invertébrés et des Vertébrés inférieurs est moins résistant aux solvants

(1) Bien que les lymphocytes et les monocytes doivent être rangés en espèces lymphocytaires et monocytaires, nous considérons ces cellules comme des formes de différenciation ontogénique, sans différenciation granulocytaire ou érythrocytaire. Elle est normale quant aux lymphocytes, mais obéit à des causes que nous ne pouvons pas expliquer ici pour les monocytes. Les cellules de Türk, les dismorphocaryocytes Pittaluga), les Plasmazellen, les mégacaryocytes ne caractérisent pas des espèces mais des états, soit pathologiques, soit de division ou de différenciation aberrants. La granulation improprement dite azurophile n'est pas une granulation spécifique, elle se trouve chez tous les animaux. Ne pas oublier que nous avons démontré récemment (*Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 609) que ces granulations sont basoérythrophiles; elles se colorent nettement par la pyronine ou par la safranine.

ou moins monooxyphile. L'hémoglobine et l'hémérythrine sont amphophiles, mais surtout basophiles au début de leur formation et surtout oxyphiles une fois coustituées bien que toujours amphophiles. Le produit monobasophile est identique chez tous les animaux. Le produit amphophile des Invertébrés varie de forme selon les types, surtout amphooxyphile une fois constitué, il est toujours basophile comme au début de sa formation; chez les Vertébrés il est oxyphile au début et point cyanophile.

Il n'y a donc pas une relation définie et intime entre les variétés de la cellule sanguine et l'espèce animale; il n'existe pas davantage un rapport étroit entre le milieu et la variété du produit de différenciation, pas plus qu'entre la fonction et la forme du produit (M. Prenant pour les Plathelminthes), ni entre la chromophilie et sa constitution chimique (Kollmann pour les granulations oxyphiles). La monobasophilie et la monooxyphilie sont *irréversibles*. La neutrophilie et l'amphophilie le sont aussi car le fait qu'un substratum amphophile se colore par les colorants acides ou bien par les colorants basiques, ne veut pas dire qu'il est réversible dans le sens que nous voulons lui donner, c'est-à-dire qu'il reste toujours amphophile. Les cellules qui les contiennent sont *indédifférenciables*. Nous constatons cependant que les produits oxyphiles granuleux et amorphes sont chez tous les animaux où ils existent d'abord basophiles et finalement oxyphiles; il y a donc une ontogenèse de chromatophilie qui peut être liée à une ontogenèse chimique des produits, bien qu'ils ne soient pas les mêmes; le monooxyphile est en effet seulement soluble au début de sa formation. Le produit amphophile, et surtout amphooxyphile, se trouve chez les Invertébrés, moins souvent chez les Vertébrés inférieurs et seulement chez quelques Mammifères, chez qui il n'est pas cyanophile. Nous nous demandons donc si malgré les interruptions qui se constatent dans la phylogenèse des espèces, il n'y aurait pas aussi une phylogenèse des composés chimiques qui constituent d'abord le produit amphophile et ensuite le monooxyphile. Il paraît en tout cas évident que seule la loi de la répartition du travail ou le *besoin* peuvent expliquer la différenciation spécifique de la cellule hématique chez les Métazoaires bien que certains exemples l'infirment.

PROTISTOLOGIE. — *Sur la nutrition des Infusoires.*
Note de M. **André Lwoff**, présentée par M. F. Mesnil.

Il était de notion courante, jusqu'aux travaux d'Oehler (¹), que les Ciliés ne se nourrissent que de bactéries vivantes. Oehler a montré que l'on pouvait entretenir indéfiniment des Colpodes en culture pure, c'est-à-dire en l'absence d'autres organismes vivants, en les nourrissant de bactéries tuées par la chaleur (en particulier *Bacterium coli*). Mais il a montré que ces infusoires pouvaient utiliser aussi des albumines animales préparées d'une manière telle qu'elles se présentent sous forme de granules de la taille des bactéries (par exemple, muscle de poisson bouilli puis pulvérisé, en suspension dans l'eau). Oehler n'a cependant jamais réussi à obtenir des cultures dans des milieux où l'aliment des infusoires était représenté par des subtances dissoutes : eau peptonée glucosée, eau de condensation de la gélose-bouillon, etc., et il en conclut que les infusoires ne peuvent pas utiliser les substances dissoutes.

Or Peters (²), dans un récent Mémoire, dit avoir entretenu pendant plusieurs mois des cultures de *Colpidium Colpoda* en milieu minéral où il leur fournissait comme unique source d'azote du glycérophosphate d'ammonium. Oehler a essayé dans le milieu de Peters la culture de Colpodes, mais sans résultat. Nous avons même essayé à maintes reprises, également sans résultat, de cultiver dans ce milieu *Colpidium Colpoda*, qui fit l'objet du travail de Peters. Doit-on conclure, avec Oehler qui trouve les épreuves de stérilité effectuées par Peters insuffisantes, que les cultures de ce dernier étaient impures? Oehler, ayant constaté que la nutrition particulaire était seule capable d'entretenir la vie des Colpodes, tire de ce fait isolé des conclusions qu'il prétend appliquer à tous les infusoires. Nous allons voir que, si nous n'avons pu réussir à cultiver des Colpidies en milieu de Peters, nous avons pu les nourrir dans d'autres milieux où elles utilisaient des substances dissoutes, et nous pensons qu'il peut exister, entre des races de Colpidies morphologiquement identiques, des différences physiologiques assez considérables, et que si les uns (Colpidies de Peters) peuvent se multiplier en milieu chimiquement défini, d'autres ne peuvent utiliser que des

(¹) Oehler, *Archiv für Protist.*, t. 40, 1919, p. 16.
(²) Peters, *Journal of Physiol.*, t. 55, 1922, p. 1.

substances albuminoïdes complexes qu'il ne nous a pas encore été possible de définir exactement.

Nos expériences ont porté sur des *Colpidium Colpoda* isolés d'une infusion de foin.

Un infusoire est transporté dans un milieu constitué par une émulsion de *Bacterium coli* dans de l'eau de robinet stérilisée. Après quelques jours, culture riche en infusoires. Un de ces infusoires est alors isolé et lavé de la manière suivante.

On prépare une émulsion de *B. coli* en eau de robinet que l'on stérilise par chauffage (1 heure à 60°). Quelques gouttes de cette émulsion sont déposées sur des lames creuses stérilisées dans des boîtes de Petri. On transporte l'infusoire dans une de ces boîtes où il séjourne 10 minutes. Il est ensuite pêché sous le microscope binoculaire avec une pipette capillaire stérilisée et reporté dans une autre boîte où il séjourne également 10 minutes. Après 8 passages, si les manipulations ont été effectuées rapidement et correctement, l'infusoire est stérile et peut être porté dans un tube contenant une émulsion de *B. coli* en eau de robinet. En quelques jours, on a une culture d'infusoires qui peuvent être repiqués sur différents milieux de culture ou d'épreuve.

Un milieu excellent est constitué par du bouillon peptoné dilué au tiers (eau distillée 2^{vol}, bouillon 1^{vol}; pH 7,2 environ). Les infusoires vivent et se multiplient activement dans ce milieu et restent vivants plus de trois mois dans un même tube. On peut ensuite, en ajoutant peu à peu du bouillon peptoné au bouillon dilué, arriver à faire vivre les Colpidies dans le bouillon contenant 8 pour 100 de chlorure de sodium. (L'addition de liquide d'ascite au bouillon favorise la culture; on peut également nourrir les Ciliés avec des hématies de lapin). Il est certain que, dans le bouillon, les infusoires se nourrissent aux dépens des substances dissoutes dans le milieu de culture, car ils ne renferment jamais de vacuoles digestives (si nombreuses chez les Colpidies nourries de bactéries vivantes ou mortes ou d'hématies de lapin). Si les infusoires se nourrissent réellement de substances dissoutes, ils doivent pouvoir, comme les flagellés en culture pure, former des colonies sur gélose.

C'est justement ce que nous avons constaté : Les Colpidies, qui poussent abondamment dans l'eau de condensation de la gélose bouillon ascite et de la gélose bouillon ordinaire des bactériologistes, forment, en deux ou trois jours, des colonies sur la partie solide de ces milieux (petites colonies transparentes). Ces colonies sont constituées par des infusoires dont la forme générale et la structure de l'appareil buccal sont très modifiées (nous reviendrons ultérieurement sur ces modifications) et dont le cytoplasme ne renferme aucune inclusion étrangère. (Il s'agit bien entendu toujours de cultures pures d'infusoires.)

Il est évident que, dans ces conditions, la nutrition des Ciliés se fait uniquement aux dépens de substances dissoutes. Quelle est la voie d'absorption de ces substances? Nous pensons, sans pouvoir en fournir de preuves, que l'absorption se fait par la voie ectoplasmique et que la nutrition est purement osmotique. La nutrition osmotique est d'ailleurs la seule qui existe chez les infusoires astomes, aussi bien chez les endoparasites, placés évidemment dans des conditions particulières, que chez les phorétiques, *Sphenophrya*, *Pelecyophrya*, qui, ainsi que nous l'avons montré avec M. Chatton, se nourrissent uniquement aux dépens des substances dissoutes dans de l'eau de mer baignant la cavité palléale des mollusques infectés.

Il semble donc que, quoique dans les conditions naturelles, la nutrition des infusoires libres soit purement phagocytaire, on puisse, en leur fournissant un milieu convenable, arriver à nourrir certains d'entre eux de substances dissoutes.

CYTOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur la double périodicité cyclique de la zone de division chez un Cilié*, Colpidium colpoda, *mise en évidence par la réversion de la scission.* Note de MM. **Boris Ephrussi** et **André Lwoff**, présentée par M. F. Mesnil.

Dans une Note récente, E. Chatton [1] montrait que l'on pouvait obtenir expérimentalement des infusoires à deux bouches de la manière suivante. Des *Glaucoma scintillans* en division sont portés, d'une décoction de foin dans l'eau distillée, dans une solution hypertonique de bromure de sodium et reportés ensuite dans le milieu de culture. Dans ces conditions, les *Glaucoma* deviennent doubles par suite de la refonte des individus en division (les deux bouches de l'individu double sont situées sur le même parallèle). Ces individus se multiplient indéfiniment par scissiparité et, quoique un certain nombre d'entre eux reviennent à l'état normal, on peut, en repiquant la culture avec des individus distomes, conserver cette race de diplozoaires.

On sait d'autre part, depuis les travaux de Calkins [2], qu'il existe chez *Paramœcium* une zone de division, revue par Lewis chez ce même infusoire et retrouvée par Young [3] chez *Uronychia*.

---

[1] E. Chatton, *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 393.
[2] Calkins, *Biol. Bull.*, t. 21, 1911, p. 36.
[3] Donnel Brooks Young, *Journ. of Exp. Zool.*, t. 36, n° 3, 1922, p. 353.

Calkins met en évidence cette zone de division en coupant des Paramécies en deux parties inégales. La plus petite dégénère; le grand fragment se divise seul en donnant des individus inégaux, le plus petit, tronqué, étant toujours du côté lésé dans l'opération. Young a retrouvé trois fois cette zone de division chez *Uronychia*, chez des individus coupés plus de 5 heures après une division, c'est-à-dire de 13 à 31 heures avant la division suivante.

Nous avons pensé que, dans les expériences de Chatton, la formation des monstres doubles était liée à la présence de la zone de division et que c'est elle qui est influencée par le traitement hypertonique et nous avons cherché à déterminer le moment de son apparition chez *Colpidium colpoda*.

Des Colpidiums sont transportés, du milieu de Peters [1] dans un milieu hypertonique contenant 2,8 pour 1000 de chlorure de sodium, à des temps variables après la division. Le Tableau suivant indique les résultats de l'expérience. Dans la première colonne, sont indiqués le temps écoulé entre une division et le moment du transfert dans la solution hypertonique. En regard est indiqué l'état des individus issus de l'infusoire traité.

0.30 (h m)........	normaux	5.30 (h m)........	doubles
1...........	»	6...........	»
1.30........	»	6.30........	»
2...........	»	7...........	normaux
2.30........	»	7.30........	»
3...........	»	8...........	»
3.30........	»	8.30........	»
4...........	»	9...........	»
4.30........	doubles	9.30........	doubles [2]
5...........	»		

On voit d'après ce Tableau qu'il existe, dans l'intervalle de deux divisions successives, deux périodes pendant lesquelles il est possible, par le traitement hypertonique, d'obtenir la formation de monstres doubles.

Or il est certain qu'environ 30 minutes avant la division existe dans l'infusoire une zone de division. C'est certainement elle qui est influencée par le traitement hypertonique, aussi expliquons-nous la possibilité d'obtenir des diplozoaires entre 4 heures 30 minutes et 6 heures 30 minutes après la

---

[1] PETERS, *Journ. of Physiol.*, t. 55, mai 1921, p. 1.

[2] Il y a un intervalle de 10 heures entre deux divisions successives.

scission par la présence à ce moment d'une zone de division qui disparaît ensuite pour réapparaître 45 minutes environ avant la scission suivante.

On voit donc qu'il existe chez *Colpidium colpoda* une double périodicité cyclique dans l'évolution de la zone de division. La séparation des deux individus fils ne se produit qu'après sa deuxième apparition.

La séance est levée à 15^h45^m.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 12 mars 1923.)

Note de M. *P. Diénert*, Sur la circulation souterraine en terrains fissurés :

Page 757, ligne 23, *au lieu de* Crisenne, *lire* Crisenon; ligne 35, *au lieu de* Auzey, *lire* Augy.

(Séance du 19 mars 1923.)

Note de M. *L. Lecornu*, Sur la durée de révolution des planètes :

Page 796, lignes 6 et suivantes, changer le signe de λ.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MARDI 3 AVRIL 1923.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à Sir **George Greenhill**, Correspondant pour la Section de Mécanique, qui assiste à la séance.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Deux théorèmes élémentaires sur les singularités des fonctions harmoniques.* Note de M. **Émile Picard**.

L'intéressante Note de M. Noaillon, publiée dans le dernier numéro des *Comptes rendus*, me remet en mémoire la démonstration de deux théorèmes élémentaires sur les fonctions harmoniques, que j'ai donnée dans mon cours.

1. Considérons une fonction harmonique de deux variables $u(x, y)$ uniforme et continue dans un domaine, sauf peut-être en un point A, dans le voisinage duquel on sait seulement que sa valeur absolue est inférieure à un nombre fixe. Ne peut-on pas considérer que la fonction est harmonique dans tout le domaine sans exception ? La réponse est affirmative, et on peut l'établir comme il suit.

On étudie d'abord bien aisément la même question pour une fonction analytique $f(z)$, holomorphe dans une certaine région, sauf peut-être en un point A dans le voisinage duquel on sait seulement que son module est borné. Il n'y a ici aucune difficulté, car on peut utiliser la formule classique de Cauchy

$$f(x) = \frac{1}{2\pi i}\int \frac{f(z)}{z-x}\,dz,$$

l'intégration étant étendue à la courbe C qui limite le domaine et à une

courbe infiniment petite entourant le point A. Cette dernière intégrale est nulle, et l'on en conclut que $f(x)$ est holomorphe dans tout le domaine sans exception.

Revenons alors à la fonction $u(x, y)$. Associons-lui la fonction $v(x, y)$ telle que $u + iv$ soit une fonction analytique de $x + iy$. On a

$$v(x, y) = \int_{(x_0, y_0)}^{(x, y)} -\frac{\partial u}{\partial y} dx + \frac{\partial u}{\partial x} dy.$$

La fonction $v(x, y)$ pourrait *a priori* n'être pas uniforme. Soit k sa période, correspondant à une circulation autour du point A; nous ne savons pas d'ailleurs si elle reste bornée dans le voisinage de ce point. Formons la fonction analytique uniforme

$$f(z) = e^{\frac{2\pi}{k}(u+iv)} \qquad (z = x + iy).$$

Son module est borné autour de A. Elle est donc régulière en ce point, d'après la remarque précédente, et il est évident qu'elle ne s'y annule pas. Il en résulte que $\log f(z)$ est holomorphe en A et, par suite, sa partie réelle $\frac{2\pi u}{k}$ est régulière en ce point, mais il en serait de même de $\frac{2\pi v}{k}$, et il y a, par suite, une contradiction avec l'hypothèse de la périodicité. Il en résulte que v est uniforme et l'on raisonnera comme ci-dessus sur la fonction

$$f(z) = e^{u+iv},$$

d'où se tire le théorème énoncé.

2. Envisageons maintenant le cas où *la fonction* $u(x, y)$ *deviendrait égale à* $+\infty$ *en* A; nous entendons par là que, étant donné un nombre positif M aussi grand qu'on veut, on peut tracer un cercle ayant A pour centre, pour tous les points duquel u est supérieure à M.

Nous suivrons, pour la démonstration, une marche analogue à celle du paragraphe précédent; on forme encore la fonction analytique $u + iv$.

Admettons que v ait une période k, correspondant à une circulation autour de A; on peut supposer que k est positif. Soit alors la fonction

$$f(z) = e^{-\frac{2\pi}{k}(u+iv)};$$

elle est bornée autour de A, et est, par suite, régulière en ce point où elle s'annule. Soit donc

$$f(z) = (z - a)^{\alpha} \varphi(z),$$

a étant l'affixe de A et $\varphi(z)$ ne s'annulant pas pour $z = a$.

On déduit de suite de là que, *dans le voisinage de* A, *on a*

$$u = h \log \frac{1}{r} + U \qquad (\text{U régulier en A}),$$

h étant une constante positive, et r désignant la distance du point (x, y) *à* A. Telle est la forme nécessaire d'une fonction harmonique devenant égale à $+\infty$ en A, que nous nous proposions d'obtenir.

Nous avons supposé que la fonction v avait une période k différente de zéro. Il en est nécessairement ainsi; car, dans l'hypothèse contraire, on poserait

$$f(z) = e^{-(u+iv)},$$

d'où se déduit encore

$$e^{-(u+iv)} = (z - a)^{\alpha} \varphi(z).$$

Mais on arrive à une contradiction, puisqu'il résulte de l'identité précédente que v a une période.

Les mêmes questions se posent pour une fonction harmonique de trois variables, $\log \frac{1}{r}$ étant remplacé par $\frac{1}{r}$, mais une autre méthode doit alors être employée.

HYDRAULIQUE. — *Sur le rendement des turbines à réaction munies de tubes d'aspiration.* Note [1] de M. DE SPARRE.

J'ai, dans trois Communications des 7 mars, 20 juin et 28 novembre 1921 [2], donné les conditions de rendement maximum des turbines à réaction. Ces conditions sont, toutefois, assez sensiblement modifiées lorsque la turbine est munie d'un tube d'aspiration.

Supposons d'abord que le tube d'aspiration n'ait pas de cloisons, on tient alors complètement compte de son influence, quelles que soient les conditions de fonctionnement de la turbine, et le problème que l'on a en vue, en remplaçant dans toutes les formules des trois Notes précitées [3] b par $b - \nu$, où

$$\nu = \left(1 - \frac{s'^2}{s''^2}\right) \sin^2 \beta_1,$$

s' et s'' étant les sections du tube d'aspiration à son entrée et à sa sortie.

(1) Séance du 26 mars 1923.
(2) *Comptes rendus*, 1921, t. 172, p. 561 et 1561, et t. 173, p. 1045.
(3) Je conserve toutes les notations de mes Communications indiquées.

Supposons par exemple un tube d'aspiration ayant $1^m,83$ de diamètre à l'entrée et $2^m,75$ à la sortie [1], ce qui donne $\nu = 0,094$, et considérons la turbine donnée en exemple dans ma Communication du 7 mars 1921, pour laquelle la vitesse relative $\xi = 1$. Dans le cas du travail à pleine charge, le rendement maximum serait, avec le tube d'aspiration indiqué, égal à 0,865. J'avais trouvé pour ce maximum, dans les mêmes conditions, sans tube d'aspiration, 0,8159. On gagnerait donc près de 5 pour 100 par l'emploi du tube d'aspiration dont il s'agit.

Pour les turbines rapides on arrive, surtout dans le cas du travail sous charge réduite, à un résultat encore plus satisfaisant en munissant le tube d'aspiration de cloisons qui font, au début, un certain angle avec le plan de la section droite du tube et s'infléchissent progressivement de façon à éviter les pertes de charge jusqu'à devenir parallèles à son axe.

Soit β'_1 l'angle initial de la cloison et γ' celui de la vitesse absolue v'_1 de l'eau à la sortie de la turbine avec la section droite du tube d'aspiration. La vitesse de l'eau n'étant pas à l'origine tangente à la cloison, il en résulte, à l'entrée dans le tube, une zone de tourbillonnement qui produit une perte de charge. Après cette zone de tourbillonnement la vitesse de l'eau devient v' et est tangente à la cloison. J'admets qu'on peut considérer cette vitesse v' comme tangente au premier élément de la cloison et comme faisant par suite l'angle β'_1 avec la section droite du tube.

L'équation de continuité nous donne alors

$$(1) \qquad v' \sin\beta'_1 = v'_1 \sin\gamma' = w'_1 \sin\beta_1 \,(^2) = v''_1 \frac{s''}{s'},$$

v''_1 étant la vitesse de l'eau à la sortie du tube d'aspiration, vitesse qui, par suite des cloisons, est en ce point parallèle à l'axe du tube.

Si l'on admet alors que la force vive perdue est égale à la force vive due aux vitesses variées, on aura pour la perte de charge ζ

$$(2) \qquad 2g\zeta = (v' \cos\beta'_1 - v'_1 \cos\gamma)^2.$$

Appliquons alors le théorème de Bernoulli au mouvement de l'eau dans le tube. En désignant par p_0 la pression atmosphérique, par p_1 la pression à la sortie de la turbine et par h' la hauteur de la sortie de la turbine au-dessus

---

(1) Je prends un exemple donné par M. Eydoux : *Hydraulique industrielle et Usines hydrauliques*, p. 47.

(2) Je rappelle que w'_1 est la vitesse relative de l'eau à la sortie de la turbine, β_1 l'inclinaison finale des aubes, u_0 et u_1 les vitesses d'un point des circonférences d'entrée et de sortie de la roue.

du bief d'aval, on aura, en tenant compte de (1) et de (2),

$$\frac{p'_1}{\pi} = \frac{p_0}{\pi} - h' + \frac{w'^2_1 \sin^2\beta_1}{2g}\left[\cot^2\beta'_1 - 2\cot\beta_1\cot\gamma' - \left(1 - \frac{s'^2}{s''^2}\right)\right];$$

d'ailleurs si l'on pose, comme dans mes Notes précédentes,

$$u_1 = \lambda w'_1,$$

on a

$$\cot\gamma' = \frac{\lambda - \cos\beta_1}{\sin\beta_1}.$$

Il en résulte qu'en conservant les notations de mes Notes précédentes b doit être remplacé par

$$b - \nu + \nu' - 2\frac{r_0^2}{r_1^2}\nu'_1\lambda$$

ou, ce qui revient au même, q par

$$q'_1 - 2\nu'_1\lambda$$

avec, comme plus haut,

$$(3)\qquad \nu = \sin^2\beta_1\left(1 - \frac{s'^2}{s''^2}\right),$$

et, de plus,

$$(4)\qquad \begin{cases} q'_1 = (1 + b - \nu + \nu')\dfrac{r_1^2}{r_0^2}, \qquad \nu' = \sin^2\beta_1\cot\beta'_1(\cot\beta'_1 + 2\cot\beta_1), \\ \nu'_1 = \dfrac{r_1^2}{r_0^2}\sin\beta_1\cot\beta'_1; \end{cases}$$

avec ces changements toutes les formules de mes Notes précédentes sont applicables.

En particulier, la formule (6) de ma Note du 28 novembre 1921, relative aux turbines qui travaillent sous une charge variable, se trouve, si de plus on y fait $k = 1$, remplacée par la suivante [1] :

$$(5)\qquad (p + q_1\mu)z^2 - 2n(\mu i + l)z \\ - m(\mu i + l)^2 - \mu^2 z^2\frac{r_1^2}{r_0^2}\sin\beta_1\cot\beta'_1\left[\cot\beta'_1 - 2\left(\frac{\mu i + l}{\mu z\sin\beta_1} - \cot\beta_1\right)\right] = 0.$$

Prenons alors, pour β'_1, la valeur déterminée par la formule

$$(6)\qquad \cot\beta'_1 = 2\left(\frac{\mu i + l}{\mu z\sin\beta_1} - \cot\beta_1\right),$$

---

[1] Où $q_1 = (1 + b - \nu)\dfrac{r_1^2}{r_0^2}$, donc $q_1 = q'_1 - \nu'\dfrac{r_1^2}{r_0^2}$.

où z a la valeur qui correspond au rendement pour le travail à pleine charge, dans le cas où il n'y a pas de cloisons, valeur qui vérifie l'équation

$$(7)\qquad (p_0+q_1\mu^2)z^2-2n(\mu i+l_0)z-m(\mu i+l_0)^2=0.$$

Le rendement ne sera pas alors modifié pour le travail à pleine charge par l'introduction des cloisons, mais il restera supérieur à cette valeur ρ_1, correspondant au travail à pleine charge, tant que l sera compris entre les racines de l'équation (5), résolue par rapport à l, équation qui peut s'écrire (¹)

$$(8)\qquad \text{(²)}\ A l^2-2[\mu m i+\mu\nu'_1 z-nz(z-1)]l+fz^2-2\mu n i z + \mu^2(q'_1 z^2-2\nu'_1 i z-m i^2)=0.$$

Or, l'une des racines de cette équation étant l_0, on aura pour l'autre l'_1

$$l'_1=2\frac{\mu m i+\mu\nu'_1 z-nz(z-1)}{A}\,l_0.$$

Si α'_1 est la valeur de α'_0 qui correspond à $l=l'_1$ lorsque l'inclinaison α'_0 des directrices varie de α_0 à α'_1, le rendement reste supérieur à ρ_1 et il passe par un maximum correspondant à la valeur de z pour laquelle les racines de (8) sont égales, valeur déterminée par l'équation

$$A''z^2-2B''z-C''=0,$$

où

$$A''=(1+a)q'_1\mu^2+(1+a)f-n^2,\qquad B''=(1+a)n\mu i+(1+a)\mu^2\nu'_1 i-n\mu\nu'_1-n^2,$$
$$C''=n^2+m\mu^2 q'_1+\mu^2\nu'^2_1+2n\mu\nu'_1+(1+a)\mu^2 m i^2+mf-2n\mu n i.$$

Pour cette valeur de z, les racines de (8) étant égales, on a pour la valeur correspondante l''_1 de l (³)

$$l''_1=\frac{\mu m i+\mu\nu'_1 z-nz(z-1)}{A},$$

en considérant la turbine envisagée plus haut, pour laquelle $\xi=1$, et qui avec un tube d'aspiration sans cloisons a un rendement maximum de 0,865.

(¹) En tenant compte de la relation $p=(1+a)l^2+2nl+f$.

(²) Où $A=(1+a)z^2-m$, et z ayant dans cette équation la valeur qui vérifie l'équation (7).

(³) l étant connu, on a, pour la valeur correspondante α'_0 de l'inclinaison des directrices,

$$\operatorname{tang}\alpha'_0=\frac{l_0}{l}\operatorname{tang}\alpha_0.$$

En opérant comme il vient d'être dit et prenant pour l'inclinaison initiale des cloisons, déterminée par la formule (6), $\beta'_1 = 48°41',7$, on trouve que le rendement resterait supérieur à 0,865 lorsque l'inclinaison des directrices varie de 20° à 8°48',5 et qu'il est maximum et égal à 0,900 pour cette inclinaison égale à 13°15',4. Si le tube n'avait pas eu de cloisons, le rendement aurait été de 0,773 pour l'inclinaison de 8°45',5 et de 0,843 pour celle de 13°15',4. Je rappelle que, pour la même valeur $\xi = 1$, j'avais trouvé sans tube d'aspiration un rendement maximum de 0,816.

PHYSIQUE. — *La chaleur de vaporisation et la différence des chaleurs spécifiques à l'état de saturation pour le néon.* Note de MM. **E. Mathias, C.-A. Crommelin** et **H. Kamerlingh Onnes.**

Dans une Note antérieure (¹), nous avons donné le résultat de nos calculs sur la chaleur latente de vaporisation et la différence des chaleurs spécifiques de la vapeur saturée et du liquide pour l'argon, l'oxygène, l'azote et l'hydrogène. Aujourd'hui, nous donnons les mêmes grandeurs pour le néon.

Pour ce qui est de la manière dont les résultats furent obtenus, nous renvoyons à la Note citée.

Les tensions de vapeur p et les densités δ et δ' du liquide et de la vapeur saturée à T° nécessaires pour le calcul de la chaleur de vaporisation d'après la formule de Clapeyron-Clausius :

$$L = \frac{T}{J}\left(\frac{1}{\delta'} - \frac{1}{\delta}\right)\frac{dp}{dT},$$

où J est l'équivalent mécanique de la calorie et T la température absolue, ont été empruntées à des déterminations antérieures du Laboratoire cryogène de Leyde (²).

Les formules suivantes :

Néon.

$$\log p = -\frac{84,3796}{T} + 2,81911 + 0,01118\,T,$$

$$L^2 = 43,56922(T_c - T) - 1,744347(T_c - T)^2 + 0,0371203(T_c - T)^3,$$

représentent avec une grande fidélité : d'une part, les mesures expérimen-

(¹) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1395.

(²) Tensions de vapeur : *Comm.* n° 152 *b*; densités : *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 933.

tales de p, de l'autre, les valeurs de L calculées comme il vient d'être dit.

Les températures T auxquelles elles se rapportent ont été mesurées dans l'échelle définie, très voisine de l'échelle absolue, dont on se sert à Leyde sous le nom d'*échelle Kelvin internationale provisoire*. T_c désigne la température critique absolue.

L une fois connu en fonction de la température, on obtient $m'-m$ par la formule classique

$$m'-m=\frac{dL}{dT}-\frac{L}{T}.$$

On trouve que sa valeur, fortement négative près du point critique, reste négative à toutes les températures en passant par un maximum pour une température *réduite* voisine de 0,74, maximum au sujet duquel nous renouvelons les réserves faites antérieurement.

Le néon étant monoatomique, on peut affirmer, comme l'a démontré l'un de nous [1], que la chaleur spécifique de vapeur saturée m' est toujours négative et ne s'annule à aucune température.

Dans le Tableau suivant, nous donnons les chaleurs de vaporisation moléculaires ML et les chaleurs de vaporisation réduites $\frac{L\Delta}{p_c}$, où Δ est la densité critique et p_c la pression critique, pour l'oxygène, l'argon, l'azote, le néon et l'hydrogène, à la même température réduite $\frac{T}{T_c}=0,6$.

	T_c.	M.	L.	ML.	$L\frac{\Delta}{p_c}$.
O^2	154°,29 K	32,00	50,06	1602	0,433
Ar	150,65	39,88	38,10	1519	0,422
Az^2	125,96	28,02	47,9	1342	0,446
Ne	44,38	20,2	20,8	420	0,374
H^2	33,18	2,016	106,5	219	0,258

Comme c'est le cas pour les autres propriétés thermiques de ces corps, pour les chaleurs latentes de vaporisation, les déviations de la loi des états correspondants s'accentuent, en général, lorsqu'on passe à un corps à température critique plus basse.

(1) H. Kamerlingh Onnes, *Arch. Néerlandaises*, 2e série, t. 5, p. 576. Le raisonnement suivi peut être mis sous une forme élémentaire : E. Mathias, *Journ. de Phys.*, décembre 1909.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

C. Houard. *Les Zoocécidies des Plantes d'Afrique, d'Asie et d'Océanie.* Tome second : *Dicotylédones* (2e Partie). (Présenté par M. E.-L. Bouvier).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les intégrales de seconde espèce des variétés algébriques.* Note de M. S. **Lefschetz**, transmise par M. Émile Borel.

1. Soit V_d une variété algébrique d'équation $F(x_1, x_2, \ldots, x_d, t) = 0$ On peut lui attacher les intégrales k-uples

$$\int\int\cdots\int\sum A_{i_1 i_2 \ldots i_k}\, dx_{i_1}\, dx_{i_2} \ldots dx_{i_k}, \tag{1}$$

où les A sont rationnelles sur V_d, changent de signe avec chaque transposition d'indices et satisfont aux relations

$$B_{i_1 i_2 \ldots i_{k+1}} = \frac{\partial A_{i_1 i_2 \ldots i_k}}{\partial x_{i_{k+1}}} + (-1)^k \frac{\partial A_{i_2 i_3 \ldots i_{k+1}}}{\partial x_{i_1}} + (-1)^{2k} \ldots = 0.$$

Avec les $\binom{d}{k}$ fonctions rationnelles arbitraires A, formons les $\binom{d+1}{k}$ expressions B. Elles ne seront pas en général identiquement nulles. Par contre on vérifie de suite qu'elles satisfont aux relations analogues aux précédentes relatives aux intégrales de multiplicité $k+1$, de sorte que

$$\int\int\cdots\int\sum B_{i_1 i_2 \ldots i_{k+1}}\, dx_{i_1}\, dx_{i_2} \ldots dx_{i_{k+1}} \tag{2}$$

est une intégrale analogue à (1) attachée à V_d. Toutefois cette intégrale est évidemment de type plus restreint que (1).

Pour retomber sur un terrain familier prenons $k = d = 2$. Les intégrales doubles correspondant à (2) sont du type

$$\int\int\left(\frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y}\right) dx\, dy,$$

bien connu depuis les travaux de M. Picard.

Pour $d = 3$, $k = 2$, on a affaire à

$$\iint \left(\frac{\partial V}{\partial z} - \frac{\partial W}{\partial y}\right) dy\, dz + \left(\frac{\partial W}{\partial x} - \frac{\partial U}{\partial z}\right) dz\, dx + \left(\frac{\partial U}{\partial y} - \frac{\partial V}{\partial x}\right) dx\, dy,$$

type que j'ai eu l'occasion d'étudier jadis (*Annali di Matematica*, 1917).

2. Nous nommerons (2) *intégrale impropre de seconde espèce* et nous définirons les intégrales de *seconde espèce* par la condition qu'elles se comportent comme les intégrales (2) au voisinage de leurs hypersurfaces d'infini. Ceci généralise la première définition de M. Picard pour les intégrales doubles de seconde espèce des surfaces algébriques. Par contre, pour les intégrales de multiplicité supérieure à *deux*, il n'y a plus équivalence entre celle qui précède et sa seconde définition : Une intégrale est de seconde espèce si elle est dépourvue de résidus. En effet, il *existe déjà des intégrales triples de seconde espèce suivant notre définition et qui, pourtant, possèdent des résidus*. La définition donnée plus haut semble préférable, ne serait-ce que parce qu'elle comprend une classe plus étendue d'intégrales, aussi nous y tiendrons-nous.

Introduisons enfin ces termes : Une intégrale de seconde espèce qui n'est pas impropre est dite *propre*. Des intégrales propres sont *linéairement indépendantes* s'il n'en existe pas de combinaison linéaire impropre.

3. Nous pouvons maintenant énoncer le théorème fondamental.

Théorème fondamental. — *Étant donné un groupe quelconque d'hypersurfaces de V_d, soient r le nombre maximum de cycles à k dimensions distincts ne les rencontrant pas, ρ_0^k le minimum de r lorsque l'on envisage tous les groupes possibles d'hypersurfaces. Le nombre maximum d'intégrales k-uples de seconde espèce, linéairement indépendantes, est précisément égal à ρ_0^k.*

Ce théorème est vrai même pour $k = 1$, car alors $\rho_0^1 = R_1$, connexion linéaire de V_d, et l'on retombe sur une proposition maintenant classique. Pour $k = 2$ on trouve $\rho_0^2 = R_2 - \rho$ (R_2 connexion superficielle, ρ nombre de Picard). Ainsi pour $d = 2$, $R_2 - \rho$ est le nombre de cycles à deux dimensions distincts, ne rencontrant pas un groupe suffisamment ample de courbes de V_d. En fait il suffit de prendre pour ces courbes ρ courbes indépendantes au sens de M. Severi.

La démonstration de notre théorème comprend deux parties distinctes : 1° Réduction des intégrales de seconde espèce à une forme relativement simple. Par exemple pour $d = 3$, $k = 2$, ce sera la forme

$$\iint \frac{P(x_1, x_2, x_3, t)}{\varphi(x_1) F'_t} dx_2\, dx_3 + B\, dx_3\, dx_1 + C\, dx_1\, dx_2$$

(P polynome adjoint, φ polynome).

2° Détermination des conditions nécessaires et suffisantes pour qu'une intégrale de seconde espèce soit impropre. Elles sont d'ailleurs particulièrement simples : ayant obtenu un groupe d'hypersurfaces suffisamment ample, on considère ρ_0^k cycles à k dimensions distincts ne les rencontrant pas. Pour qu'une intégrale k-uple de seconde espèce soit impropre, il faut et il suffit que ses périodes par rapport aux cycles en question soient toutes nulles. A partir de ce point, la démonstration s'achève rapidement.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Remarque sur un théorème de M. Carleman.* Note de M. G. Valiron, transmise par M. Émile Borel.

M. Carleman a démontré cette importante proposition : *le nombre des valeurs asymptotiques finies d'une fonction entière d'ordre fini* ρ *est au plus égal à* 5ρ (¹). La démonstration de M. Carleman montre en outre que, si $M(r)$ désigne le maximum du module de la fonction considérée pour $|z| = r$, pour qu'il existe α courbes allant à l'infini sur lesquelles $|f(z)|$ reste borné, tandis que $|f(z)|$ n'est pas borné entre deux quelconques de ces courbes, il est nécessaire que

$$\lim_{r=\infty} \frac{\log_2 M(r)}{\log r} > \frac{\alpha}{5}.$$

Sous cette forme, le théorème de M. Carleman n'apprend rien de nouveau pour les fonctions d'ordre moindre que $\frac{1}{2}$, puisque d'après un théorème de M. Wiman, une telle fonction ne peut rester bornée sur aucun chemin allant à l'infini. Mais on peut remarquer que, dans le cas de l'ordre inférieur à $\frac{1}{5}$, l'inégalité fondamentale de M. Carleman [inégalité (9) du Mémoire cité] permet encore de délimiter les régions dans lesquelles $|f(z)|$ reste fini. En se plaçant dans le cas plus particulier des fonctions d'ordre nul $\left(\text{de façon à obtenir un résultat indépendant de la valeur } \frac{1}{5} \text{ qui n'est pas sans doute la meilleure}\right)$, on obtient la proposition suivante :

(¹) *Arkiv för Matematik, Astronomi och Fysik*, t. 15, n° 10, 1920. Dans sa démonstration, M. Carleman utilise les propriétés des fonctions de Green; dans mon Ouvrage, *The general Theory of integral functions*, je donne une démonstration, peut-être un peu plus simple, en faisant seulement usage du théorème de Cauchy sur le maximum du module des fonctions analytiques complété par MM. Lindelöf et Phragmèn.

Considérons les points z pour lesquels $|z| > 1$ et $|f(z)| < |z|^p$, p étant un nombre positif fixe, ces points appartiennent à une suite infinie de domaines finis $\Delta_1, \Delta_2, \ldots, \Delta_n$, que l'on peut supposer numérotés de telle sorte que, d_n étant la borne inférieure de $|z|$ dans Δ_n, d_n ne décroisse pas et ait pour limite l'infini. *Dans ces conditions, si* D_n *est la borne supérieure de* $|z|$ *dans* Δ_n, *le rapport* $\log D_n : \log d_n$ *tend vers* 1 *lorsque n croît indéfiniment.*

Les zéros des fonctions $f(z) + P(z)$ où $P(z)$ est un polynome de degré moindre que p sont donc situés, à partir d'une certaine valeur de leur module, dans les domaines Δ_n et ils y sont aussi nombreux que ceux de $f(z)$. On voit en particulier que, si l'on pose $f(z) = Z$, les diverses déterminations de la fonction multiforme $z = \varphi(Z)$ définie par cette égalité jouissent de cette propriété : lorsque Z décrit d'une façon quelconque un cercle $|Z| < A$, les valeurs de $\log\varphi(Z)$ ont uniformément la même continuité relative (voir ma Thèse de doctorat, p. 33).

Pour les fonctions telles que le rapport $\log M(r) : (\log r)^2$ reste borné, j'ai donné dans ma Thèse une proposition plus précise; mais, pour les autres fonctions d'ordre nul, le théorème de M. Carleman donne ainsi immédiatement un résultat qu'il ne semble pas aisé d'obtenir par les méthodes directes, et résout en première approximation une question que j'avais posée dans ma Thèse (p. 38) sans pouvoir y répondre.

La proposition générale obtenue peut évidemment être précisée dans chaque cas particulier. Par exemple, si l'on suppose que le rapport $\log_2 M(r) : \log_2 r$ reste inférieur à un nombre fixe k, il existe un nombre $H = H(k)$ tel que le rapport $D_n : d_n$ reste inférieur à $(\log d_n)^H$ à partir d'une valeur de n. Ce résultat est assez précis comme on le voit en comparant aux propriétés de la fonction singulière considérée à la page 37 de ma Thèse pour laquelle $D_n : d_n$ finit par surpasser $(\log d_n)^\alpha$, $(\alpha < 1)$.

CHRONOLOGIE. — *Une nouvelle interprétation de la période sothiaque* (¹). Note de M. **Hilaire de Barenton**, présentée par M. Bigourdan.

Jusqu'à présent, on a estimé à 1460 ans la durée de la période sothiaque égyptienne et à 30 ans l'intervalle entre les *seds* ou jubilés qu'elle comporte. Mais, quand on a voulu en faire l'application à la chronologie égyptienne, les calculs se sont trouvés le plus souvent en défaut. Ainsi, sous Pepi, on

(¹) Hilaire de Barenton, *Le mystère des pyramides et la chronologie sothiaque égyptienne reconstituée sur de nouvelles bases*, Paris, 1923.

trouve des seds qui ne sont distants que de 7 années, et, sous Ramsès II, on trouve 11 seds en 24 ans. D'autres impossibilités de diverses sortes ont été relevées. C'est ce qui a porté l'auteur de l'Ouvrage présenté à chercher une autre formule; et il semble bien que celle qu'il propose résolve, avec succès, la plupart des problèmes sur la question.

1° Il donne 1508 ans à la période sothiaque ([1]). C'est le chiffre d'années requis, en effet, pour que l'année vague de 365 jours (trop courte de $0^j,242216$) accomplisse son cycle complet à travers l'année solaire. Biot, dans son Mémoire de 1845 sur cette question, présenté à l'Académie, avait déjà indiqué cette correction.

2° Il fonde la période des seds ou jubilés sur une combinaison de l'année vague avec la semaine ([2]). Comme l'affirme Cassius (XXXVIII, 18), les Égyptiens pratiquaient la semaine, qu'ils avaient fondue dans leurs mois, comme le montre l'auteur. Et, pour eux, comme pour les Hébreux, le 7e jour était sacré et sabbatique et il correspondait aux 7, 14, 21, 28 de chaque mois. De plus, le 30 de chaque mois et les 5 épagomènes étaient aussi sacrés ou sabbatiques. Ceci établi, la période des jubilés est obtenue par la formule suivante : *toutes les fois que, en vertu du recul de l'année vague, le grand jour de l'inondation* (19 *juillet grégorien*) *coïncidait avec un jour sabbatique, il y avait jubilé.*

Voici, d'après cette théorie, la répartition des jubilés durant l'avant-dernière année sothiaque ([3]). Au témoignage de Censorin, dans *De die natali*, la dernière grande année finit en 139 de notre ère; elle avait donc commencé en 1371; et la précédente, en 2879 :

7 thot....	2854	7 paophi.	2730	7 athyr......	2606	7 choiak.....	2482
14 »	2825	14 » .	2701	14 »	2577	14 »	2453
21 »	2796	21 » .	2672	21 »	2548	21 »	2424
28 »	2767	28 » .	2643	28 »	2519	28 »	2395
30 »	2759	30 » .	2635	30 »	2511	30 »	2387

Ces dates se lisent ainsi : en 2854, la grande crue du Nil (19 juillet grégorien) coïncida avec le 7 thot, jour sabbatique, il y eut jubilé, etc. Les jubilés de ces quatre mois, première saison égyptienne, se rapportent tous à l'Ancien Empire.

([1]) *Loc cit.*, p. 8-16.
([2]) *Loc. cit.*, p. 12-15.
([3]) *Loc. cit.*, p. 15, 69 et 73.

7 tybi....	2358	7 méchir.	2234	7 phamenoth.	2110	7 pharmouti..	1986
14 »	2329	14 » .	2205	14 » .	2081	14 » .	1957
21 »	2300	21 » .	2176	21 » .	2052	21 » .	1928
28 »	2271	28 » .	2147	28 » .	2023	28 » .	1899
30 »	2263	30 » .	2139	30 » .	2015	30 » .	1891

Ces jubilés se rapportent au Moyen-Empire, et les suivants au Nouvel-Empire :

7 pachons.	1861	7 payni..	1737	7 épiphi.....	1613	7 mésori.....	1489
14 » .	1832	14 » ..	1708	14 »	1584	14 »	1460
21 » .	1803	21 » ..	1679	21 »	1555	21 »	1431
28 » .	1774	28 » ..	1650	28 »	1526	28 »	1402
30 « .	1766	30 » ..	1642	30 »	1518	30 »	1394

Après le 30 mésori venaient les jubilés rattachés aux 5 épagomènes, qui duraient 20 ans, de sorte que de 1394 à 1371, pendant 24 ans, ce fut une suite ininterrompue de seds. Or, ces 24 ans de jubilés se retrouvent précédemment mentionnés sous Ramsès II, de son an XXX à son an LIV. Seule cette théorie les explique et fixe ainsi la date certaine de ce pharaon ([1]).

On remarquera que les quatre premiers jubilés de chaque mois sont distants de 29 ans; cela justifie la tradition accordant 30 ans d'intervalle aux jubilés; l'intervalle du cinquième n'est que de 4-8 ans. C'est donc à ces jubilés de la fin des mois que se rapportent tous les jubilés à court intervalle, tel que ceux de Pepi. Cela a permis de dater ces seds de Pepi à 2271-2263, et, en conséquence, les IV-VI[es] dynasties à 2420-2154 ([2]). Deux jubilés à court intervalle, sous les derniers pharaons de la XI[e] dynastie, ont permis de fixer la date de cette dynastie à 2174-2013 ([3]). Auparavant deux seds de Den Setui, 5[e] pharaon de la I[re] dynastie, marqués des chiffres 10 et 11, avaient été identifiés avec les 10[e] et 11[e] de la série, ceux des années 2635 et 2606, ce qui date la I[re] dynastie ([4]).

La XII[e] dynastie est datée par la célèbre inscription de l'an VI de Sésostris III : « Tu dois savoir que Sothis se lève le 16 pharmouti. » Le Tableau des seds montre que ce lever eut lieu en 1949, ce qui fixe la chronologie de toute la dynastie, puisqu'on connaît les années de règne de chaque pharaon. La voici : les chiffres arabes sont ceux du canon de Turin

([1]) *Loc. cit.*, p. 83 et 84.
([2]) *Loc. cit.*, p. 25 et 69.
([3]) *Loc. cit.*, p. 71.
([4]) *Loc. cit.*, p. 7 et 16.

et marquent les années de règne du pharaon, avant l'association de son fils; les chiffres romains sont ceux des monuments (¹).

Amenemhat I, 20, XXX....	2068-2048	Sésostris III, 30 +............	1955 (?)-1928
Sésostris I, 42, XLIV......	2048-2006	Amenemhat III, 40 +, XLVI....	1928-1886
Amenemhat II, 32........	2006-1974	Amenemhat IV, 9, IX..........	1886-1878
Sésostris II, 19...........	1994-1955 (?)	Sovkounofri, 3..............	1878-1875

Cette chronologie est confirmée par le célèbre calendrier lunaire de Kahun, daté de l'an XXX-XXXI d'un pharaon innommé, qui est Amenemhat III, c'est-à-dire de 1898-1897. D'après ce calendrier, la lune de thot était le 21, qui correspond au 15 décembre grégorien, d'après le tableau des jubilés. Or la lune (moyenne) de décembre 1898 est bien exactement le 14 décembre, à $4^h 26^m$. Meyer, dans *Chronologie égyptienne* (p. 67), aidé par Ginzel, avoue que ce calendrier ne peut s'accorder avec la chronologie calculée d'après l'ancienne théorie sothiaque.

La chronologie de la XVIIIe dynastie est fixée par un lever de Sothis, marqué pour l'an IX d'Amenhotep I, ce que le tableau des jubilés traduit par l'an 1605. Des seds indiqués sous Thoutmès I, Hatshepsit, Thoutmès III, Thoutmès IV, Khouniàton et Toutankhamon achèvent de préciser la chronologie de cette grande dynastie, qui s'étend de 1635 à 1444 (²).

Notons encore, entre d'autres nombreuses solutions, l'identification de l'éclipse de lune, observée sous Takelot, avec celle du 22-23 mars 823. Ce problème, avec l'ancienne théorie sothiaque, avait été abandonné comme insoluble (³). Il en est de même des doubles dates (égyptiennes et persanes) des papyrus araméens d'Éléphantine, jugées inexplicables, et qui se justifient automatiquement dans la nouvelle théorie (⁴).

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur le spectre de l'aurore boréale et les couches supérieures de l'atmosphère.* Note (⁵) de M. L. VEGARD, présentée par M. Deslandres.

A l'Institut géophysique de Tromsö, l'été dernier, j'ai poursuivi d'une façon plus systématique les recherches commencées (⁶) sur le spectre de

(¹) *Loc. cit.*, p. 72-73.
(²) *Loc. cit.*, p. 74 et suiv.
(³) *Loc. cit.*, p. 74 et suiv.
(⁴) *Loc. cit.*, p. 98.
(⁵) Séance du 26 mars 1923.
(⁶) Voir L. VEGARD, *Phys. Z. S.*, t. 14, 1913, p. 677; *Kristiania Vid. selek. skr. Mat. nat. Kl.*, 1916, n° 13; *Geophys. Publ.*, vol. 2, n° 5.

l'aurore boréale. J'ai employé trois spectrographes, à savoir un grand spectrographe (I) à pièces optiques en quartz, un grand spectrographe (II) en verre, munis tous deux d'un régulateur automatique de la température, et un petit spectrographe (III) en verre. La dispersion du spectrographe en quartz était faible dans le rouge, et, avec le petit spectrographe en verre, elle était si petite que l'erreur de mesure a pu atteindre 2 à 3 Å.

Les spectrogrammes ont été pris et mesurés avec l'aide de MM. Einar Fönsberg et Jonathan Aars; le Tableau ci-dessous donne les longueurs d'onde des radiations émises.

Spectre de l'aurore avec les spectrographes.			Spectre de l'azote.		
I.	II.	III.	λ.	Type.	Observateur.
3135,0 Å.			3135,9 Å.	B.P.	Hermesdorf
3160,0			3159,2	Id.	Id.
3208,3			?		
3284,9			3285,3	Id.	Id.
3371,3			3371,5	Id.	Id.
3432,7			?		
3467,8			3468,1	Id.	Deslandres
3502,9			3500,5	Id.	Hermesdorf
3536,1			3536,8	Id.	Id.
3576,9			3577,0	Id.	Id.
3711,1			3710,7	Id.	Id.
3755,7		3758,5	3755,5	Id.	Id.
3805,4		3807,0	3805,1	Id.	Id.
3913,8	3913,3	3913,7	3914,4	B.N.	Deslandres
		3941,5	3943,1	B.P.	Hermesdorf
3998,0		4000,4	3998,5	Id.	Id.
4056,2		4059,7	4058,7	Id.	Hasselberg
		4182,5	— ?		
		4200,0	4201,0	Id. (1)	Id.
4237,8	4236,3	4238,4	4236,3	B.N.	Id.
	4266,8		4269,4	B.P. (2)	Id.
4277,7	4277,9	4279,0	4278,0	B.N.	Id.
		4345,8	4343,8	B.P.	Id.
		4378,9	4379,8	S.L.	Hemsalech
4421,5 (?)		4426,5	4426,2	Id.	Id.
		4478,5	4478,0	Id.	Id.
		4552,1	4552,3	Id.	Id.

(1) Ou B.N. 4198,8.
(2) Ligne diffuse.

Spectre de l'aurore avec les spectrographes.				Spectre de l'azote.		
I.	II.	III.		λ.	Type.	Observateur.
		4591,9		4590,0	Id.	Neovius
4652,7	4651,1	4650,8		4651,2	B.N.	Hasselberg
4707,7	4708,7	4708,3		4708,6	Id.	Id.
		4779,2		4779,0	S.L.	Thalen
		4857,4		4860,6	Id.	Hemsalech
	5578,4	5578,4		?		
		5925 6465	Bands	Probablement B.P. de l'azote		

N. B. — B.P. signifie bande positive, B.N. bande négative et S.L. spectre de lignes.

D'après ces mesures, on peut rapporter à l'azote la plupart des radiations; mais je n'ai pas pu identifier les quatre raies suivantes : 5578,4 (la raie verte); 4182,5; 3432,7; 3208,3; qui ne sont pas dans les tables des lignes de l'azote, et ne peuvent être attribuées à H, He ou O.

Dans plusieurs spectrogrammes, les raies fortes de l'aurore boréale étaient très surexposées, et il n'y avait aucune trace des raies de l'hydrogène ou de l'hélium. De plus, nous avons étudié dans le laboratoire la lumière produite par les rayons cathodiques dans des mélanges (Az — H) et (Az — He), et nous avons pu conclure que la pression de l'azote atmosphérique, à une hauteur comprise entre 100^{km} et 120^{km}, est plus grande que la pression de H et de He. A ces altitudes, la couche atmosphérique de H et de He, telle qu'on l'a généralement supposée, ne peut exister.

La raie verte de l'aurore domine jusqu'au bord inférieur; or j'ai pu prendre des spectrogrammes qui correspondent, les uns au bord inférieur, les autres au bord supérieur de l'aurore, et qui tous offrent la raie verte et les bandes les plus fortes de l'azote. Bien que les deux couches d'émission diffèrent en altitude de 40 à 60^{km}, la raie verte, comparée aux bandes négatives de l'azote, apparaît aussi forte au bord inférieur qu'au bord supérieur. Si cette raie était due à un gaz d'un poids moléculaire différent de celui de l'azote, le rapport entre les radiations des deux gaz devrait varier beaucoup avec la hauteur (¹). Comme ce n'est pas le cas, la raie verte doit être émise par un gaz ayant le même poids moléculaire que l'azote. Même, à cause de la grande intensité de la raie verte, ce gaz doit avoir une pression au moins

(¹) La raie verte ne peut donc être attribuée à un gaz hypothétique, le géocoronium, d'un très petit poids moléculaire.

égale à celle de l'azote et nous pouvons encore conclure que la raie verte doit être attribuée à l'azote.

Il semble aussi raisonnable de supposer que les trois autres raies 4182, 3432, 3208, ont la même origine. Le spectre entier serait dû à l'azote; mais comment alors expliquer le fait que la lumière aurorale est parfois visible à la hauteur de 500-600^{km} ?

Même en supposant avec Lindeman et Dobson que la température aux grandes altitudes soit de 300° absolus, la loi ordinaire de variation de la pression avec la hauteur exigerait pour l'azote, à la hauteur de 550^{km}, une pression voisine de $\frac{10^{-21}\,\text{dyne}}{\text{cm}^2}$; et, pour expliquer par les rayons cathodiques l'intensité de l'aurore à cette altitude, il faudrait avoir 10^{19} électrons par centimètre cube; ce qui est inadmissible. On aurait une densité de gaz suffisante avec une température excédant 1000°; mais cette hypothèse est tout à fait improbable.

La supposition la meilleure est une forte ionisation des couches supérieures par les rayons X et γ du Soleil. Au-dessus d'une certaine hauteur, les ions positifs sont alors poussés vers le haut, et l'équation de variation de pression prend la forme

$$dp = -(\rho g - \sigma F)\,dh,$$

ρ étant la densité du gaz, σ la densité électrique et F la force électrique. L'effet de la charge électrique sur la distribution de la pression sera analogue à celui d'une diminution du poids moléculaire (¹).

La forte charge électrique de l'azote dans les couches supérieures permet aussi d'expliquer l'émission par l'azote des raies spectrales de l'aurore non encore observées dans le laboratoire. L'ionisation atteinte jusqu'ici dans le laboratoire n'a pas été suffisante.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Mesures nouvelles de la vitesse de rotation des filaments. Évaluation de la hauteur de ces objets au-dessus de la chromosphère solaire.* Note de M. L. d'Azambuja, présentée par M. H. Deslandres.

Les mesures de la vitesse angulaire des filaments, encore assez peu nombreuses, ne sont pas jusqu'ici très concordantes. Lorsque l'intervalle choisi

(¹) Cette forte charge électrique intervient aussi dans le passage des météores; elle provoque des décharges électriques qui augmentent la lumière émise.

pour la déterminer est compris entre deux ou plusieurs passages successifs au méridien central et correspond, par suite, à une ou plusieurs rotations, la vitesse obtenue, désignée, dans cette Note, par l'expression *vitesse moyenne*, est très voisine de celle des taches. Par contre, on trouve des valeurs nettement plus grandes et, de plus, très variables d'un filament à l'autre, quand on cherche à déduire la vitesse des positions successives des filaments au cours d'un seul de leurs passages sur le disque.

Cette anomalie, qui a été interprétée de diverses façons, s'explique simplement par une élévation plus ou moins grande des filaments au-dessus de la chromosphère. L'augmentation variable de la vitesse au cours d'un passage serait apparente et due à la perspective.

Ce même effet de perspective se retrouve dans l'aspect des filaments au voisinage des bords où leur largeur, au lieu d'être réduite, est le plus souvent, au contraire, augmentée ([1]). De plus, c'est toujours entre la disparition au bord ouest et la réapparition au bord est que les filaments perdent l'avance qu'ils avaient prise sur leur position moyenne et il est étrange que ce recul se produise constamment dans l'hémisphère invisible.

Cependant, Evershed, qui, à Kodaikanal, a noté quelques-unes de ces particularités, n'a pas considéré l'élévation des filaments comme la cause principale des phénomènes observés.

Pour éclaircir la question, j'ai déterminé la vitesse moyenne de nombreux filaments stables et je l'ai comparée aux vitesses de passage.

Parmi les 448 filaments d'un relevé général, dont le plan a été soumis récemment à l'Académie ([2]) et qui s'étend actuellement à l'ensemble des observations de 1919, 14 filaments ont pu être retenus et mesurés, par des procédés déjà décrits, sur les épreuves du calcium (K_3). Ils ont fourni 40 déterminations de la vitesse moyenne à des latitudes diverses, comprises entre 0 et $\pm 40°$. Un filament très remarquable de 1922, ajouté aux précédents, a fourni 16 déterminations. Enfin, 112 comparaisons entre les vitesses moyennes et les vitesses de passage ont été effectuées.

1° *Vitesses angulaires moyennes de rotation.* — Comme l'avaient indiqué les observations antérieures, la valeur trouvée pour la vitesse moyenne équatoriale (14°,45) est très voisine de celle relative aux taches (14°,40).

Deux propriétés nouvelles ont été mises en évidence :

([1]) Cette remarque a déjà été faite (DESLANDRES et D'AZAMBUJA, *Comptes rendus*, t. 153, 1911, p. 442).

([2]) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 1450, et *Annales de Meudon*, t. 6 (extrait).

a. La vitesse moyenne ne varie pas sensiblement d'un filament à l'autre (les écarts extrêmes, dans les deux sens, ne dépassent pas 0°, 15).

Elle se montre ainsi indépendante de la forme, de l'intensité et de l'étendue des filaments observés.

b. De plus, elle présente un ralentissement polaire très net (*fig.* 1), un peu plus petit que celui des taches.

Cette dernière propriété est particulièrement intéressante, car elle montre les filaments obéissant aux lois générales de rotation des autres parties de la chromosphère et des taches.

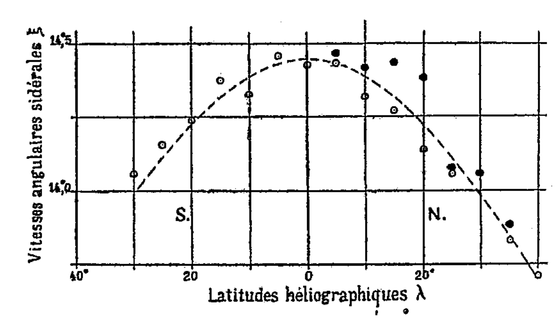


Fig. 1. — Vitesses angulaires moyennes de rotation des filaments en fonction de la latitude héliographique λ. Les vitesses des filaments de 1919 sont marquées par des cercles blancs. Celles du filament de 1922, par des cercles noirs. La courbe en traits discontinus correspond à la formule

$$\xi = 14^\circ,45 - 1^\circ,90 \sin^2\lambda.$$

2° *Hauteur des filaments au-dessus de la chromosphère.* — Dans la figure 2, les variations de vitesse du filament de 1922 au cours d'un de ses passages, ont été représentées en fonction de ses variations de longitude héliographique. Les X et les cercles indiquent les longitudes successives atteintes respectivement par les points d'intersection des côtés est et ouest du filament avec le parallèle 30° nord. Ces positions successives s'écartent fortement des trajectoires idéales, marquées par les droites en traits pleins, qu'auraient décrites les mêmes points est et ouest si le filament, animé de sa seule vitesse moyenne, avait été au niveau de la chromosphère. Elles s'accordent bien, au contraire, avec les trajectoires en traits discontinus qui correspondent à des hauteurs supposées des points est et ouest, de 65″ et 35″ dans l'hémisphère est et de 5″ et 65″ dans l'hémisphère ouest.

J'ai rapproché ces résultats de l'aspect offert par les protubérances associées au filament, au passage de celui-ci aux bords est et ouest. Au bord est, se trouvait une protubérance en forme de pont; le dessus du pont s'élevait à une hauteur de 55″, le dessous, à 35″. Au bord ouest, une protubérance

massive de 60″ de hauteur était visible. Ainsi, dans la mesure où l'on admet que protubérances et filaments constituent un même phénomène, vu sous deux aspects différents, les variations de forme de la protubérance expliquent les apparences observées sur le disque.

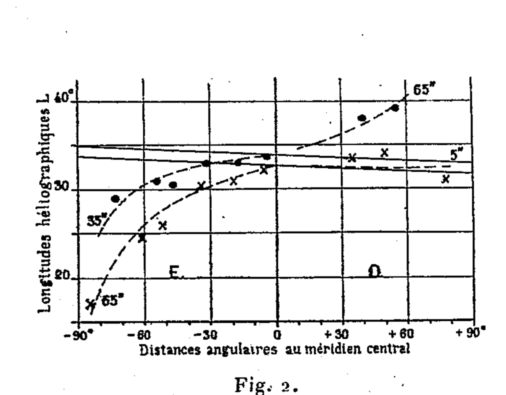


Fig. 2.

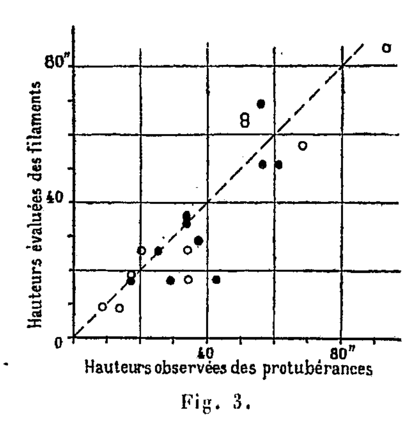


Fig. 3.

Fig. 2. — Les horizontales du graphique correspondent à des trajectoires de points qui seraient animés d'une vitesse angulaire sidérale de 14°,18 par 24 heures.

Fig. 3. — Les moyennes des hauteurs évaluées, pour 1919, sont marquées par des cercles blancs; celles de 1922, par des cercles noirs. La droite en traits discontinus correspond au cas où les hauteurs observées et les hauteurs évaluées sont égales.

L'évaluation des hauteurs a été étendue à 111 autres cas. Toutes les valeurs trouvées sont comprises entre 0″ et 90″ (¹). Dans 31 cas (1919 et 1922) où le filament et la protubérance connexe étaient également bien marqués au bord, la concordance entre les hauteurs évaluées et observées s'est montrée satisfaisante (*fig.* 3).

Ces faits sont en faveur de l'hypothèse, proposée au début, pour expliquer les vitesses de passage variables et anormalement élevées des filaments. Pour se prononcer définitivement, il convient d'attendre que des documents plus nombreux soient réunis, permettant de nouvelles vérifications.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'induction et spectres d'étincelle.* Note de M. **Louis Dunoyer**.

Dans deux Notes aux *Comptes rendus* (t. 173, 1921, p. 350 et 472) et dans un Mémoire plus développé au *Journal de Physique* (t. 6, 1922, p. 261-

(¹) Royds, qui a évalué autrement les hauteurs des filaments, a trouvé des valeurs beaucoup plus faibles (*Kodaikanal Observatory*, Bulletin n° 63, 1920).

292), j'ai exposé les résultats spectroscopiques d'expériences effectuées en 1914 sur les vapeurs de césium et de rubidium. Ces vapeurs étaient contenues dans des tubes de silice fondue terminés par des glaces de même substance. En provoquant leur luminescence sous l'action d'un champ électromagnétique de haute fréquence, j'ai montré que les caractères spectraux de la lumière émise étaient, d'une manière très remarquable, sous la dépendance :

1° De la température et par conséquent de la tension de la vapeur;

2° Du potentiel de la décharge oscillante.

J'ai nettement indiqué « que la diminution de la distance explosive à l'éclateur primaire produit le même effet, dans une certaine mesure tout au moins, qu'une augmentation de la densité de la vapeur ». Or une augmentation de la densité de la vapeur provoque le développement du spectre d'arc au détriment du spectre obtenu pour les pressions plus basses : spectre extrêmement riche en lignes comprenant toutes les raies d'étincelle connues et, en outre, un très grand nombre de raies nouvelles dont quelques-unes très intenses. D'après ce qui vient d'être rappelé, tel est aussi l'effet que j'attribuais à la diminution du potentiel de décharge.

En outre, j'indiquais que le tube, vu en bout, présentait des colorations différentes le long de l'axe et dans la couche voisine des parois (donc des spires inductrices), de telle sorte qu'en formant sur la fente d'un spectrographe ordinaire l'image du tube, vu en bout, on devait obtenir des spectres comprenant, sur leurs bords, les raies de couches externes, et au milieu, celles de la partie centrale du tube. Le spectrographe Féry dont je disposais alors ne m'avait pas permis d'obtenir ce résultat puisque, en raison de son astigmatisme, la lumière qui passe par un point de la fente est répartie sur toute la hauteur du spectre.

C'est l'expérience qu'ont faite avec le mercure, en suivant la technique que j'avais indiquée en détail, MM. Léon et Eugène Bloch. Il ne m'est donc pas possible de souscrire à la phrase par laquelle ils terminent leur récente Note [1] : « En résumé, nous avons indiqué une méthode d'analyse des spectres d'étincelle, et nous avons appliqué cette méthode au cas du mercure ». En effet, cette méthode d'analyse avait été nettement indiquée par moi.

A cette réclamation de priorité j'ajoute les remarques suivantes :

1° Depuis quelques années les spectres produits par l'action inductrice

---

(1) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 833.

de la décharge oscillante ont été étudiés, avec plus ou moins de précision, par divers physiciens : Hagenbach, Frey et Schumacher pour le zinc et le cadmium, Mc Lennan pour le potassium, Robertson pour le potassium, le sodium, le lottrium, le mercure et l'iode, Van den Leingen pour le mercure et le cadmium. Plusieurs d'entre eux désignent ces spectres sous le nom de spectres du corps *ionisé*. Si intéressante et légitime que puisse paraître l'attribution de ces spectres à l'atome ionisé, il m'a semblé qu'il était préférable de leur donner le nom de *spectres d'induction*, de même qu'il est actuellement préférable de dire spectre d'arc plutôt que spectre de l'atome neutre, quelque raison que l'on ait d'attribuer les raies d'arc proprement dites à l'atome neutre. Le nom de spectre d'étincelle d'ordre supérieur, proposé par MM. Léon et Eugène Bloch n'est évidemment pas justifié par le mode de production et ne l'est pas non plus suffisamment par le fait que les nouveaux spectres dont il s'agit contiennent, parmi leurs très nombreuses raies, les raies d'étincelle. La dénomination choisie d'après le mode de production est assurément plus naturelle et plus légitime.

2° Ceci posé, l'équivalence établie par moi et rappelée plus haut entre la diminution de la pression et l'augmentation du potentiel de décharge apporte un argument sérieux en faveur de l'hypothèse d'après laquelle les spectres d'induction sont les spectres de l'atome ionisé, cette ionisation pouvant être simple ou multiple comme l'indiquent MM. Léon et Eugène Bloch. En effet, plus le libre parcours moléculaire est grand, plus l'énergie cinétique acquise, au moment d'un choc dans un champ donné, par le porteur électrisé ionisant est grande, et plus il y a de chances pour que les ionisations multiples soient fréquentes. L'effet est donc le même que celui d'une augmentation du potentiel de décharge. Toutefois les variations spectrales seront beaucoup plus rapides en fonction des variations de température qu'en fonction des variations du potentiel de décharge, parce que la tension de vapeur et le chemin moyen varient eux-mêmes beaucoup plus vite que la température. Les changements rapides de coloration que j'ai décrits pour le césium et le rubidium doivent correspondre aux tensions de vapeur pour lesquelles le chemin moyen devient trop petit pour que l'électron ionisant puisse avoir acquis, au moment du choc, l'énergie cinétique nécessaire aux ionisations d'ordre supérieur.

GÉOLOGIE. — *Observations géologiques sur l'Yémen.*
Note de M. **Pierre Lamare.**

Au retour d'un voyage dans l'Yémen (angle sud-ouest de l'Arabie), je me propose de résumer mes observations qui montrent que cette région présente de remarquables analogies géologiques et lithologiques avec les régions Somali et Abyssine.

La région de l'Yémen est un haut plateau volcanique à l'altitude de 2000^{m} à 3000^{m}, qui s'abaisse, par des échelons successifs dus à une série de fractures, jusqu'au niveau de la mer. Ces fractures se sont produites suivant deux directions à peu près perpendiculaires, parallèles aux côtes de la mer Rouge d'une part, et du golfe d'Aden d'autre part.

Il subsiste, au milieu des compartiments effondrés, quelques horsts dans lesquels il est possible d'étudier le substratum de la série éruptive tabulaire : schistes cristallins et granites alcalins recouverts par une série sédimentaire peu importante comprenant des calcaires et des grès.

L'un des horsts principaux, la Djebel Saber, est un vaste massif de granite alcalin. Ce granite montre une tendance pegmatique, et comprend comme éléments essentiels du quartz, du microcline, des microperthites d'orthose et d'albite, et une amphibole sodique en petite quantité. Cette dernière est ou bien de la riebeckite, ou bien une amphibole sodique du groupe de la lanéite.

Dans d'autres horsts de la région de Dalleh (100^{km} au nord d'Aden), j'ai recueilli des granites à ægyrine, ainsi que des gabbros doléritiques.

Ces roches éruptives, de même que les sédiments qui les recouvrent, sont traversées par de très nombreux filons et filonnets de roches qui sont des équivalents aphanitiques des granites alcalins : microgranites alcalins à ægyrine, cette dernière pouvant faire presque totalement défaut et être remplacée par une amphibole voisine de la lanéite ; ces roches sont à rapprocher des paisanites du Texas.

Le haut plateau du Yémen est à peu près entièrement constitué par des roches volcaniques en coulées superposées qui, dans la plupart des cas, sont parfaitement horizontales et très étendues quoique peu épaisses.

Les torrents qui descendent vers la mer y ont creusé de profondes entailles, qui montrent d'une façon saisissante la puissance de cet ensemble de coulées qui se succèdent avec la plus grande régularité sur plus de 1000^{m} d'épaisseur.

D'une manière générale, les appareils éruptifs qui ont émis ces laves ne sont pas conservés. Il faut cependant faire une place à part à quelques volcans récents de la région de Sana, postérieurs aux effondrements de la mer Rouge et du golfe d'Aden, ainsi qu'aux cycles d'érosion qui ont donné au pays sa topographie actuelle. Ces volcans, qui n'ont joué d'ailleurs qu'un rôle très limité, rappellent nos volcans quaternaires de la chaîne des Puys : cratères égueulés, d'où s'échappe une petite coulée à surface de cheire. Ces coulées recouvrent les alluvions des vallées.

Les roches d'épanchement du Yémen sont ou basaltiques, ou rhyolitiques. Les principaux types de basaltes rencontrés sont les suivants :

1° Type très feldspathique, assez pauvre en olivine, passant aux labradorites. Grands cristaux de feldspath et pâte finement microlitique (base du Dj. Loukoum, près Sana);

2° Type à phénocristaux feldspathiques microscopiques, contenant une certaine quantité d'olivine (éruptions récentes de la vallée de Sana);

3° Basalte doléritique à grands cristaux de feldspath et d'olivine (plaine de Dâmar; ravin de l'Ouadi Addek);

4° Basalte à grands cristaux de plagioclases basiques, contenant en abondance une augite titanifère qui forme de grandes plages ophitiques avec de grands microlites de plagioclase (Nadré). Une variété de ce basalte, pauvre en olivine, est dépourvue de phénocristaux : elle renferme, en outre, des veinules presque uniquement feldspathiques, formées par un plagioclase acide et du verre;

5° Type porphyroïde, à nombreux phénocristaux d'olivine, se rapprochant de l'ankaramite (Dj. Loukoum);

6° Type à grain fin (Dj. Loukoum). Quant aux rhyolites, elles sont compactes, lithoïdes, très souvent fluidales et sphérolitiques, dépourvues de minéraux colorés ou n'en contenant qu'une très petite quantité (ægyrine). Il y a des formes vitreuses, généralement remplies d'éponges de quartz pœcilitique globulaire, des types obsidienniques noirs et des tufs ponceux. Enfin, il faut citer un type rencontré dans la région de Nadré, très riche en gros phénocristaux d'orthose et de quartz bipyramidé.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Mesures magnétiques en Normandie.* Note de M. C.-E. **Brazier**, présentée par M. D. Berthelot.

Les stations dans lesquelles ont été obtenus les résultats reproduits ci-dessous sont toutes situées dans les départements de l'Eure et de la Seine-Inférieure. Elles font partie du nouveau réseau magnétique de la France dont l'établissement est actuellement poursuivi par la sixième Section du Comité français de l'Union géodésique et géophysique internationale.

Dans un certain nombre d'entre elles des mesures avaient déjà été effectuées par Moureaux soit antérieurement à 1896, soit en 1904. Les noms des premières sont imprimés en italique, ceux des secondes en caractères gras.

Le développement de la traction électrique, l'extension des clôtures en fil de fer barbelé au voisinage des agglomérations et l'existence de lignes de transport de force ne nous a pas permis, dans la plupart des cas, d'opérer à l'endroit même qu'avait choisi Moureaux. Dans les cinq stations dont les noms sont marqués d'un astérisque nous avons pu cependant effectuer nos mesures à moins de 50^{m} de l'emplacement qu'il avait occupé. Toutes les déterminations ont été faites à l'aide d'instruments du même modèle que ceux qui ont servi à l'établissement du réseau de 1896.

Tableau des valeurs des éléments magnétiques dans l'Eure et la Seine-Inférieure au 1er janvier 1922.

Noms.	D.	I.	H.	État magnétique.
		Eure.		
	° ′	° ′		
Bernay	12.51,0	64.58,7	0,19539	calme
Broglie	12.53,9	64.55,9	0,19541	presque calme
Charleval	»	65.14,9	0,19424	presque calme
Conches	12.39,1	64.48,7	0,19598	presque calme
Cormeilles	12.56,2	65.10,2	0,19424	presque calme
Damville	12.23,7	64.46,7	0,19645	un peu agitée
Évreux	12.33,8	64.56,9	0,19584	agitée
Gisors	12.32,0	65. 2,4	0,19465	calme
Glos-sur-Risle	12.47,5	65.10,9	0,19417	presque calme
Le Neubourg	12.34,6	65. 2,9	0,19559	un peu agitée
Louviers	12.42,0	65. 7,4	0,19522	un peu agitée
Nonancourt*	»	64.40,5	0,19730	un peu agitée
Pacy-sur-Eure*	»	65. 3,1	0,19598	calme

Noms.	D.	I.	H.	État magnétique.
Pont-Audemer	12°.54′,3	65°.12′,3	0,19387	presque calme
Port-Morin	12.55,3	65.10,9	0,19494	presque calme
Routot	12.47,7	65.13,5	0,19412	un peu agitée
Rugles	12.42,3	64.50,2	0,19690	un peu agitée
SAINT-ANDRÉ-DE-L'EURE	12.27,9	64.48,1	0,19653	presque calme
Verneuil	12.38,0	64.38,7	0,19689	presque calme
Vernon	12.40,5	63. 6,9	0,19514	calme
		Seine-Inférieure.		
Aumale	12.43,8	65.32,4	0,19157	presque calme
Blangy	12.41,4	65.36,5	0,19126	presque calme
Bléville	13.10,6	65.21,6	0,19316	calme
Caudebec-en-Caux	12.45,9	65.26,9	0,19269	calme
*Clères**	13. 5,9	65.26,0	0,19249	un peu agitée
*Dieppe**	12.59,6	65.41,8	0,19096	calme
Doudeville	13. 4,1	65.35,3	0,19146	calme
Duclair	»	»	0,19370	presque calme
Elbeuf	12.38,7	65.10,5	0,19453	presque calme
*Fécamp**	13.19,2	65.37,7	0,19074	presque calme
Ferrières-en-Bray	12.31,8	65. 7,0	0,19350	calme
Forges-les-Eaux	12.46,4	65.27,1	0,19260	agitée
Goderville	»	65.29,9	0,19193	calme
Lillebonne	12.52,8	65.22,4	0,19316	calme
Londinières	12.50,7	65.37,5	0,19160	calme
Longueville	12.58,5	65.33,7	0,19145	presque calme
Mesnil-Esnard	13. 2,4	65.21,9	0,19336	presque calme
Mesnil-Sterling	12.49,0	65.39,9	0,19081	agitée
Montivilliers	13. 9,4	65.23,4	0,19306	un peu agitée
Neufchâtel-en-Bray	12.52,0	65.33,4	0,19205	calme
Saint-Valéry-en-Caux ...	13. 8,1	65.41,4	0,19136	presque calme
Sigy	»	65.19,8	0,19327	presque calme
Yvetot	12.55,1	65.32,3	0,19215	calme

Les moyennes des variations séculaires des trois éléments, obtenues en comparant nos résultats avec ceux de Moureaux réduits au 1er janvier 1896, sont les suivantes :

Variation séculaire (de 1896 à 1922).

D (14 stations).	I (15 stations).	H (15 stations).
—3°0′	—0°29′	0,0014

Elles s'écartent peu de celles qui ont été observées à la station centrale du Val-Joyeux pendant la même période (— 2°59′, — 0°32′, 0,0015).

Il ne semble pas cependant que, sur toute l'étendue de la région étudiée, la variation séculaire ait été uniforme. En particulier, les stations côtières, Fécamp, Saint-Valéry-en-Caux et Dieppe, forment un groupe bien caractérisé dans lequel les moyennes des variations trouvées pour les trois éléments (— 2°57′, — 0°25′, 0,0006) sont nettement plus faibles que la moyenne générale. Ce fait, qui ne paraît pas provenir des erreurs d'observation, suggère l'idée que le déplacement des lignes isomagnétiques doit être accompagné de changements de forme assez faibles, mais cependant appréciables au bout d'une vingtaine d'années.

SISMOLOGIE. — *Tremblement de terre du Kansou : Détermination de l'épicentre.* Note (¹) de Mlle **Y. Dammann**, présentée par M. Bigourdan.

Le tremblement de terre qui s'est produit le 16 décembre 1920, vers 19ʰ5ᵐ (heure du méridien de Greenwich) dans le Kansou, province de la Chine septentrionale, a donné lieu à des enregistrements remarquables, même à des stations très éloignées; par suite il a semblé approprié à l'étude des courbes de propagation des ondes sismiques. A cet effet, nous avons entrepris, sur la demande du Bureau Central sismologique, la détermination de l'épicentre du séisme en utilisant, d'une part les renseignements macrosismiques (I), d'autres part les données fournies par les enregistrements des observatoires (II).

I. D'après les renseignements que nous possédons (²), la zone d'effets macrosismiques s'étend sur l'énorme superficie de plusieurs milliers de kilomètres carrés entre les longitudes 100° et 122° est et les latitudes 20° et 45° nord. La région de grande dévastation (degré XII de l'échelle Forel-Mercalli (³) comprend les villes de Hai-tch'eng, Kou-yuen Tchéou, Tsing-ning Tchéou, Hoeing-Ning et Tong-Wei; son centre est un point situé à

(¹) Séance du 26 mars 1923.

(²) *Note sur le tremblement de terre du Kansou* (Chine), par le R. P. E. Gherzi, S. J. — *Annuaire de l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg*, 1920. — *Imperial Earthquake Investigation Committee*, Tokyo, novembre 1922.

(³) Adoptée par la deuxième Conférence internationale de Sismologie, 1903.

environ 36° de latitude nord et dont la longitude est comprise entre 105°,5 et 106°; toutefois, les renseignements macrosismiques sont peu nombreux pour la partie ouest de la région épicentrale, d'où résulte une incertitude sur la valeur adoptée pour la longitude.

II. Pour la détermination de l'épicentre à l'aide des données microsismiques, nous avons utilisé les heures d'arrivée des ondes longitudinales P à 24 observatoires dont les sismogrammes présentent des débuts très nets (voir Tableau I).

Nous admettons comme épicentre un point de la région épicentrale et nous construisons la courbe de propagation, en portant en abscisses les temps d'arrivée θ aux observatoires et en ordonnées les distances Δ de ces derniers au point considéré, mesurées sur des grands cercles de la sphère terrestre. Les distances ont été calculées par les formules de la trigonométrie sphérique; l'heure origine n'est pas donnée directement par l'observation, parce qu'il n'existe pas de station très proche de l'épicentre; par suite, l'origine des temps a été d'abord choisie arbitrairement.

La méthode que nous avons adoptée et qu'on pourrait appeler *méthode par déplacement de l'épicentre*, consiste à effectuer divers essais en faisant varier les coordonnées géographiques du point pris comme épicentre, de degré en degré, dans la région épicentrale, en longitude et en latitude, entre les limites $\lambda = 103°$, $\lambda = 107°$ et $\varphi = 34°$, $\varphi = 38°$, jusqu'à trouver une courbe satisfaisante.

En l'absence de données sur la profondeur du foyer, il est naturel de comparer ces différentes courbes à celles qui ont été obtenues pour d'autres séismes; nous avons utilisé les courbes relatives aux tremblements de terre de Calabre du 8 septembre 1905 (C), de l'Inde du 4 avril 1905 (I) et de Californie du 18 avril 1906 (K) étudiés par E. Wiechert et K. Zoeppritz [1].

Les coïncidences sont généralement mauvaises, sauf pour la courbe correspondant à l'épicentre $\lambda = 105°,5$, $\varphi = 36°$ qui coïncide d'une façon remarquable avec les données de ces auteurs, dans la partie de la courbe comprise entre 4000^{km} et 8500^{km}; mais cette courbe est située au-dessous de celle des tremblements de terre de l'Inde et de Calabre, pour les distances inférieures à 4000^{km} (Tableaux I et II); le Tableau II reproduit les

---

[1] Voir E. Wiechert et K. Zoeppritz, *Ueber Erdbebenwellen*, IIe Partie, Tableaux, p. 131, 132, 133.

valeurs des coordonnées, distances et temps, pour la courbe moyenne $\lambda = 105°,5$, $\varphi = 36°$ et les écarts avec les courbes correspondant aux tremblements ci-dessus (C, I, K), amenées en coïncidence dans la région commune.

TABLEAU I.

Stations.	Δ km.	θ s.	Stations.	Δ km.	θ s.
Zi-ka-wei	1567	254,5	Florence	7636	708
Manille	2837	386,5	Rocca di Papa	7647	705
Tokio	3071	401	Dyce-Aberdeen	7653	708
Batavia	4693	529	Uccle	7677	714
Malabar	4811	538	Paris	7916	730
Lemberg	6476	642	Oxford	7951	733
Upsal	6499	641	Clermont-Ferrand	8075	743
Athènes	7014	672	Barcelone	8409	759
Iéna	7236	685	Alger	8646	767
De Bilt	7560	713	Sydney	9102	795
Strasbourg	7601	709	Coïmbra	9184	792
Zurich	7618	710	Apia	10259	858

TABLEAU II.

Δ km.	θ s.	δ.	Group	Δ km.	θ s.	δ.	Group
1500	247	17	C et I	6000	613	0	K
2000	305	17	C et I	7000	672	0	K
3000	398	6	C et I	8000	732	0	K
4000	478	0	K	9000	789		
5000	550	0	K	10000	843		

Parmi les courbes d'essais dont il a été parlé plus haut, une autre présente de grandes analogies avec la courbe de Zoeppritz, mais elle ne satisfaisait pas aux deux autres conditions ci-dessous. L'épicentre adopté de coordonnées $\lambda = 105°,5$, $\varphi = 36°$ jouit des avantages suivants :

1° La somme des écarts des points à la courbe moyenne tracée est minimum;

2° Cet épicentre coïncide avec l'épicentre choisi précédemment d'après l'étude macrosismique.

I. En résumé, l'étude faite nous conduit à une courbe qui ne s'accorde pas complètement avec celle de Zoeppritz : la courbe relative au tremblement de terre de Kansou est nettement en dessous de la précédente, dans la partie comprise entre 1500^{km} et 4000^{km}; ce qui démontrerait l'existence

d'un foyer plus profond que celui du séisme de Calabre, utilisé par cet auteur pour le tracé de sa courbe entre 0 et 4000^{km}. Une seconde raison en faveur de cette hypothèse est l'énormité de la zone ébranlée.

II. La méthode par *déplacement de l'épicentre* et choix de la courbe donnant les écarts minima entre les points et la courbe moyenne nous paraît susceptible de donner la position de l'épicentre, avec une approximation supérieure au degré, en longitude et en latitude.

RADIOLOGIE. — *Sur quelques valeurs numériques caractérisant les rayons du radium responsables du phénomène de nécrose.* Note (¹) de Mme **J. Samuel Lattès**, présentée par M. Charles Richet.

J'indique ici les conséquences que l'on peut tirer des mesures précédemment rapportées (²). Il s'agit de l'absorption d'un rayonnement complexe à travers une substance absorbante, qui se traduit par une modification de la forme

$$I = I_1 e^{-\mu_1 x} + I_2 e^{-\mu_2 x} + \ldots + I_n e^{-\mu_n x}.$$

A partir de ces courbes $\log \frac{I}{I_0} = f(x)$, il est possible par un procédé d'extrapolation, de séparer, avec une certaine dose d'arbitraire, et par le calcul, les radiations contenues dans un faisceau hétérogène et d'en déterminer les coefficients d'affaiblissement *moyens*.

L'arbitraire tient précisément à ce que les faisceaux supposés homogènes pour la conduite du calcul, sont encore hétérogènes et à des degrés divers.

Afin d'établir le raccord avec les résultats antérieurement connus, j'ai déterminé les coefficients d'affaiblissement μ dans l'aluminium. En appliquant aux valeurs obtenues la loi de Bragg et Pierce qui relie les coefficients μ des rayonnements X et γ aux longueurs d'onde λ,

$$\frac{\mu}{\rho} = K\lambda^3 \quad (^3),$$

j'ai évalué les longueurs d'onde correspondant à chaque faisceau de rayons.

(¹) Séance du 26 mars 1923.

(²) *Comptes rendus*, t. **176**, 1923, p. 867.

(³) J'ai pris cette loi sous la forme indiquée par Hull et Rice avec pour K la valeur 14,9 (Ledoux-Lebard et Dauvillier, p. 167).

La loi d'Einstein-Planck, $h\nu = eV$, donne ensuite les voltages minima respectifs. Ces nombres sont résumés dans le Tableau ci-contre dont l'examen amène les conclusions suivantes :

1° La nécrose est un phénomène physiologique propre à des rayons de coefficient $\mu^{cm^{-1}}$ dans l'aluminium compris entre les valeurs 9,17 et 106,32. Si l'on admettait que les rayons les plus mous envisagés dans ce travail soient de nature γ (en réalité ils sont constitués vraisemblablement par un mélange de γ et de β avec prédominance de ces derniers), on pourrait calculer le voltage minimum correspondant. J'indique ce chiffre qui n'est intéressant à noter que pour fixer un ordre de grandeur. *La nécrose serait due à des rayons compris entre les longueurs d'onde* 0,620 Å *et* 1,403 Å, *c'est-à-dire entre* 19800 *et* 8700 volts.

2° D'autre part, on sait que les rayons β les plus pénétrants du dépôt actif (RaC) correspondent à la valeur $D_\beta(Al) = 0^{cm},053$ [1]. Or $8^{mm},5$ de tissu équivalent à $0^{cm},408$ d'aluminium, soit à $\frac{0,408}{0,053} = 7,69$ fois la valeur de $D_\beta(Al)$, ce qui réduit à $\left(\frac{1}{2}\right)^{7,69}$ ou à ses 0,005 le rayonnement β initial.

Si donc les rayons β étaient ultérieurement reconnus responsables du phénomène de nécrose, on pourrait affirmer que les 0,005 de la dose maximum employée représenteraient une quantité immédiatement inférieure au *seuil* nécessaire.

3° Les rayons du radium correspondant à des voltages plus grands que 20000 volts sont incapables de produire la nécrose, du moins dans les limites de doses actuellement usitées en curiesthérapie, ce qui pourrait ne plus être vrai pour des doses telles que les doses de rayonnement qu'emploie la röntgenthérapie.

En effet, il n'est pas certain que le phénomène de nécrose dépende uniquement, comme il le semble tout d'abord, de la *fréquence*. Il est possible en outre qu'il dépende dans une faible mesure de la *quantité* de rayonnement arrêtée à l'intérieur du tissu. Dans ce sens on peut seulement dire que, pour les rayons du radium correspondant à des voltages supérieurs à 20000 volts, le *seuil* de quantité de rayonnement, qui serait nécessaire à l'action nécrosante, n'est pas atteint dans les limites actuelles de l'expérience (50 millicuries en une source unique).

---

(1) $D_\beta(Al)$ est l'épaisseur d'aluminium réduisant le rayonnement β de moitié.

TABLEAU DES CARACTÉRISTIQUES DU RAYONNEMENT AYANT SUBI DIVERSES FILTRATIONS.

		$\frac{\mu}{\rho}$ (*al*).				
Platine...		0mm.	0mm,15.	0mm,30.	1mm.	1mm,5.
Rayonnement *non* nécrosant :	A..	0,066	0,062	0,043	0,043	0,041
Rayonnements *seuls* nécrosants :	B..	4,66	4,37	3,56	3,66	3,79
	C..	14,96	18,92	18,55	23,46	27,71
	D..	41,21	"	"	"	"

		$\mu_{cm^{-1}}$ (*al*).				
Platine........		0mm.	0mm,15.	0mm,30.	1mm.	1mm,5.
Rayonnement *non* nécrosant :	A......	0,17	0,16	0,11	0,11	0,10
Rayonnements *seuls* nécrosants :	B......	12,02	11,3	9,17	9,43	9,80
	C......	38,59	49,5	47,8	60,5	71,5
	D......	106,32	"	"	"	"

		Dcm (*al*) (réduisant le rayonnement de moitié).				
Platine.....		0mm.	0mm,15.	0mm,30.	1mm.	1mm,5.
Rayonnement *non* nécrosant :	A...	4,07	4,33	6,3	6,3	6,9
Rayonnements *seuls* nécrosants :	B...	0,057	0,06	0,07	0,07	0,07
	C...	0,018	0,014	0,014	0,011	0,009
	D...	0,006	"	"	"	"

		Intensités pour 100.				
Platine......		0mm.	0mm,15.	0mm,30.	1mm.	1mm,5.
Rayonnement *non* nécrosant :	A....	7,24	56,2	74,1	87	85,2
Rayonnements *seuls* nécrosants :	B....	20,66	26,3	12,89	4,96	7,25
	C....	28,2	17,5	12,97	7,94	6,55
	D....	43,9	"	"	"	"

		λ Å.				
Platine..........		0mm.	0mm,15.	0mm,30.	1mm.	1mm,5.
Rayonnement *non* nécrosant :	A.......	0,164	0,164	0,142	0,142	0,140
Rayonnements *seuls* nécrosants :	B.......	0,678	0,664	0,620	0,626	0,633
	C.......	1,01	1,08	1,07	1,16	1,229
	D.......	1,43	"	"	"	"

		Kilovolts.				
	Platine......	0mm.	0mm,15.	0mm,30.	1mm.	1mm,5.
Rayonnement *non* nécrosant :	A....	75	74,9	86,8	86,8	88
Rayonnements *seuls* nécrosants :	B....	18,2	18,5	19,8	19,6	19,4
	C....	12,2	11,3	11,4	10,6	10,3
	D....	8,7	"	"	"	"

La séance est levée à 16^h35^m.

É. P.

ERRATA.

(Séance du 26 mars 1923.)

Note de MM. *L.-J. Simon* et *M. Frèrejacque*, Action méthylante et sulfonante du sulfate diméthylique sur les phénols en l'absence d'eau :

Page 900, ligne 3, *au lieu de* Fréjacques, *lire* Frèrejacque.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS DANS LES SÉANCES DE MARS 1923.

Origine de la vie sur le globe, par JULIEN COSTANTIN. Paris, Ernest Flammarion, 1923; 1 vol. 19cm.

Glaucome et hypotonie, par FÉLIX LAGRANGE. Paris, Doin, 1922; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. Quénu.)

Introduction au calcul tensoriel et au calcul différentiel absolu, par G. JUVET. Préface de M. JACQUES HADAMARD. Paris, Albert Blanchard, 1922; 1 vol. 25cm.

Lezioni di meccanica razionale. Volume primo : *Cinematica. Principi e Statica*, par TULLIO LEVI-CIVITA e UGO AMALDI. Bologna, Nicola Zanichelli, 1923; 1 vol. 24cm.

William Gilson Farlow (1844-1919), par CHARLES LORING JACKSON. Extrait des *Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences*. Vol. 57, n° 18, novembre 1922. Boston; 1 fasc. 23cm.

La teoria elettronica nell' elettroterapia, par IGNAZIO GIULIANI. Extrait de l'*Elettricista*. Anno XXXI, serie IV. Vol. I, n° 23, 1922. Rome; 1 fasc. 23cm.

Science, technique et industries photographiques. Revue illustrée de la presse photographique, de la presse scientifique et des brevets d'invention, en France et à l'étranger, résumés par L.-P. CLERC. Vol. II, 1922. Paris, Paul Montel, s. d.; 1 fasc. 27cm. (Présenté par M. L. Lumière.)

Les matériaux des constructions mécaniques et aéronautiques. Calculs de résistance. Études des matières premières. Essais des bois. Essais des métaux et de leurs alliages, par ED. MARCOTTE et E. BÉRÉHARE. Paris, Dunod, 1921; 1 vol. 28cm.

Études sur les poissons rapportés par M. Henri Gadeau de Kerville de son voyage zoologique en Syrie (avril-juin 1908), avec cinq planches, par JACQUES PELLEGRIN. Extrait du Tome quatrième du *Voyage zoologique d'Henri Gadeau de Herville en Syrie*. Paris, J.-Baillière et fils, 1923; 1 vol. 26cm. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

Quimica Experimental, morgànica, 1a parte, par ROMAN GALARZA. Rosario, Grégorio Galarza, 1923; 1 vol. 18cm.

Application de la Nomographie aux calculs d'étalonnage des instruments de mesure, par M. ALLIAUME. Extrait des *Annales de la Société scientifique de Bruxelles*. Tome XLII; 1 fasc. 25cm. (Présenté par M. Maurice d'Ocagne.)

Conseil international de recherches. Union géodésique et géophysique internationale. Section de Sismologie. *Comptes rendus des séances de la première Conférence*

réunie à Rome du 2 au 10 mai 1922, rédigés par le Secrétaire E. ROTHÉ. Toulouse, Privat, 1922; 1 fasc. 25cm.

Les théories de la relativité dépassent les données de l'expérience, par CORPS. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1923; 1 fasc. 24cm.

Société des Ingénieurs civils de France. 1° *Discours de M.* LÉON CHAGNEAU; 2° *Discours de M.* MAX LAUBEUF : *L'évolution dans la construction des navires de guerre et de commerce*. Paris, Hôtel de la Société, 1922; 1 fasc. 24cm.

Sous-marins, torpilles et mines, par M. LAUBEUF et HENRI STROH. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1923; 1 vol. 22cm.

Le principe de la relativité. Première Partie : *Relativité restreinte*, par LOU KAO, directeur de l'Observatoire central de Pékin; 1 vol. 25cm (en caractères chinois). (Présenté par M. E. Borel.)

L'atmolyse et ses applications, par LOUIS MARTIN. Lyon, Société anonyme de l'Imprimerie A. Rey, 1923; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. F. Henneguy.)

Études expérimentales de Technologie industrielle. 64e Mémoire : *Le marteau, le choc, le marteau pneumatique*, par CH. FRÉMONT. Paris, 1923; 1 vol. 30cm. (Présenté par M. Lecornu.)

Preliminary economic studies of the war : *Effects of ther war upon French economic life*, par CHARLES GIDE. Oxford, Humphrey Milford, 1923; 1 vol. 25cm.

Institut scientifique de l'Indo-Chine. *Catalogue de la bibliothèque*. Hanoï, 1922; 1 vol. 25cm.

Collected scientifié papers of John Aïtken, L. L. D., F. R. S., par CARGILL G. KNOTT. Cambridge at the University Press, 1923; 1 vol. 25cm.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 9 AVRIL 1923.

PRÉSIDENCE DE M. ALBIN HALLER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le SECRÉTAIRE PERPÉTUEL donne lecture de la lettre suivante, qu'il vient de recevoir de M. le Ministre des Colonies :

« J'ai l'honneur de vous faire connaître que sur l'ordre du Gouverneur général de l'Indo-Chine, le commandant du chalutier sondeur *Astrolabe* a pris officiellement possession, le 16 mars 1923, d'une île nouvellement apparue, à la suite d'une éruption sous-marine, par 10°10′10″, de latitude Nord et 108°59′20″ de longitude Est du méridien de Greenwich, soit 20 milles au sud de l'île de Poulo Cecir de Mer.

La première observation fut faite le 2 mars par le navire japonais, *Wakasa Maru*, qui la signala.

Selon les renseignements reçus par T. S. F. de la Mission hydrographique qui visita les lieux les 15 et 16 mars, cet îlot offre un diamètre de 400^m et une hauteur de 35^m. Il est à forme de fer à cheval dont l'ouverture, située au Nord-Est, constitue le cratère. L'activité volcanique est continuelle et se manifeste uniquement dans le cratère par des éruptions fréquentes de terre, de cendres et de vapeurs.

Une mission géologique devant se rendre sous peu sur les lieux afin de compléter ces premières constatations, je ne manquerai pas de vous communiquer ses observations dès qu'elles me parviendront. »

M. A. Lacroix signale l'intérêt que présente la constatation d'une éruption volcanique sur le parallèle du Cap Saint-Jacques. Des coulées basaltiques abondent en Cochinchine, sur les côtes de l'Annam et dans le Cambodge; certaines d'entre elles se sont épanchées dans les vallées actuelles,

elles sont donc récentes, mais aucune tradition, à sa connaissance, n'existe sur des éruptions durant la période historique.

Il est important de voir qu'au voisinage de cette région, l'activité éruptive n'est pas éteinte. Les indications fournies sont trop sommaires pour que l'on puisse insister pour l'instant sur cette éruption, mais il semble bien qu'il s'agisse là de la formation d'un cône de scories basaltiques; à moins d'une éruption d'une grande ampleur, il est vraisemblable que cette île aura l'existence éphémère de l'île Julia, formée en 1831 entre la Sicile et Pantelleria.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le pouvoir ionisant de l'hydrure de lithium fondu.* Note (¹) de MM. **A. Guntz** et **Benoit.**

L'hydrure de lithium préparé pour la première fois en 1896 par l'un de nous a été peu étudié : signalons cependant dans ces dernières années les recherches de Moers sur le caractère salin de l'hydrure de lithium et celles de MM. Fritz Ephraïm et Eduard Michel sur la tension de dissociation de ce même composé.

L'étude du mélange fondu homogène de carbure et d'hydrure de lithium, qu'on peut préparer en chauffant le lithium dans l'éthylène gazeux ou en dissolvant le carbure de lithium dans l'hydrure fondu, va nous donner quelques propriétés intéressantes de ce dernier produit.

On peut d'abord se demander à quel état se trouve le carbure de lithium dans l'hydrure fondu. Est-il dissous comme le sucre dans l'eau ou bien se trouve-t-il plus ou moins ionisé, comme le chlorure de sodium dans sa solution aqueuse. Si c'est la deuxième hypothèse qu'il faut adopter, le carbone se comportera comme un ion négatif et sera séparé facilement par le courant électrique de sa combinaison avec le lithium.

Cherchons à vérifier ce résultat. Soumettons à l'action du courant électrique le mélange d'hydrure et de carbure de lithium fondu dans un creuset en fer. Le mélange s'électrolyse et, en même temps qu'un dégagement gazeux à l'anode, il se forme un abondant dépôt de carbone amorphe comme nous l'avons vérifié.

Ce dépôt de carbone peut avoir une double origine; il peut avoir été amené par le courant électrique, mais il peut provenir aussi de la réaction de l'hydrogène provenant de l'électrolyse de l'hydrure de lithium sur le

(¹) Séance du 3 avril 1923.

carbure.

$$H^2 + Li^2C^2 = 2LiH + C^2.$$

Étudions cette dernière réaction. Quand on chauffe du carbure de lithium pur dans de l'hydrogène au rouge, le carbone est déplacé partiellement et d'autant plus facilement que la pression de l'hydrogène est plus grande. En dessous de 600°, l'hydrogène semble être sans action sensible.

Nous avons donc cherché à produire l'électrolyse de ce carbure en dessous de cette température en employant un solvant de ce composé fondant à basse température.

Nous avions constaté autrefois que le carbure de lithium était décomposable en donnant du charbon, par les chlorures fondus et par le mélange de chlorure de lithium et de potassium. En ajoutant au contraire de l'hydrure de lithium à ces composés, la dissolution du carbure se fait sans décomposition et l'on peut ainsi obtenir un mélange fondant à température relativement basse et facile à étudier.

Les différents composés entrant dans ce mélange ayant des chaleurs de formation très différentes, les forces électromotrices nécessaires à l'électrolyse le sont aussi probablement. Nous avons déterminé le voltage nécessaire pour obtenir à l'anode le dépôt de l'élément électronégatif. Nous avons ainsi trouvé qu'en dessous de 0,1 V. il n'y avait plus de dégagement d'H à l'anode, mais que jusqu'à 0,05 V. il y avait dépôt de carbone à l'anode.

Il semble résulter de ces expériences que tout se passe comme si le carbure de lithium en dissolution était ionisé en ses éléments, carbone + lithium. La force électromotrice minima nécessaire pour produire le dépôt de carbone serait d'environ 0,05 V.

L'expérience montre également que le mélange de chlorure et d'hydrure de lithium dissout sans décomposition le carbure du calcium. De même l'hydrure de calcium fondu, soit pur, soit additionné de son chlorure, dissout également sans décomposition le carbure de calcium et de ce mélange fondu, on peut séparer par électrolyse le carbone à l'anode. Tout se passe comme si les carbures alcalinoterreux solubles dans les hydrures fondus étaient ionisés en leurs éléments

Les azotures de ces mêmes métaux sont également solubles dans les hydrures correspondants et semblent être ionisés également.

Nous comptons revenir bientôt sur ces résultats.

M. L.-E. Bertin fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée : *Histoire du Netské*.

NOMINATIONS.

M. A. **Haller** est désigné pour représenter l'Académie, les 7, 8, 9 et 10 juin, à la manifestation solennelle organisée par la *Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale*, pour célébrer le 122e anniversaire de sa fondation, à l'occasion du Centenaire de déclaration d'utilité publique.

MM. **Leclainche**, **E. Gouy** et **Ch. Depéret** sont désignés pour représenter l'Académie à l'inauguration du monument élevé en souvenir de *Saturnin Arloing*, à l'École nationale vétérinaire de Lyon, le 6 mai prochain.

CORRESPONDANCE.

M. **Emanuele Paterno**, élu Associé étranger, adresse des remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Abraham-Louis Breguet*, par Paul Marmottan.

2° Ch. Frémont. *Essai mécanique des tubes d'acier*. (Présenté par M. Lecornu.)

ALGÈBRE. — *Généralisation et modifications d'un théorème de Frobenius sur un déterminant troué*. Note de M. **Maurice Lecat**.

Si $r_1 \leqq r_2 \leqq \ldots \leqq r_n \leqq p$ et si la distribution des signances est la même pour tous les déterminants, on a la relation (1)

$$(\mathrm{I}) \quad \Delta_0 \equiv \left| \left(1 - \prod_{1}^{n}{}_{\nu} \sum_{\rho_\nu=1}^{r_\nu} \partial_{i_\nu,\rho_\nu} \right) \mathfrak{F}(i_1, \ldots, i_n) \right|_p$$

$$= \sum_{R=0}^{r_1} (-1)^R \sum_{\rho^{(1)}=1}^{r_1} \cdots \sum_{\rho^{(n)}=1}^{r_n} \left| \mathfrak{F}(\rho_{j_1}^{(1)}, \ldots, \rho_{j_n}^{(n)}) \right|_{(j=1,\ldots,R)} \cdot \left| \mathfrak{F}(\varphi_{k_1}^{(1)}, \ldots, \varphi_{k_n}^{(n)}) \right|_{(k=1,\ldots,p-R)},$$

(1) Cette relation a été donnée, pour les déterminants ordinaires ($n = 2$), et sa démonstration a été esquissée par G. Frobenius dans son célèbre Mémoire, sur la théorie des formes, intitulé : *Ueber die Elementartheiler der Determinanten* [*Sitzgsb. Akad. Wiss. Berlin*, 1er semestre, 1894, p. 31-44 (partic. p. 41-42)

les n suites

$$\rho_1^{(\nu)}, \quad \ldots, \quad \rho_R^{(\nu)}, \quad \varphi_1^{(\nu)}, \quad \ldots, \quad \varphi_{p-R}^{(\nu)} \qquad (\nu = 1, \ldots, n)$$

constituant n permutations des nombres 1, ..., p, pourvu que celles où ν est rang signant soient de même signe.

Un déterminant Δ_0, troué suivant un domaine (à n dimensions) V, rectangulaire et d'arêtes parallèles à celles de la matrice, s'exprime donc à l'aide de la somme des

$$C(r_1, \ldots, r_n) = \sum_{R=0}^{r_1} \prod_{1}^{n}{}^{\nu} \binom{r_\nu}{R}.$$

produits chacun de deux mineurs complémentaires, formés dans la matrice totale pleine M, le premier facteur de chaque produit étant pris dans le domaine V.

Pour démontrer (I), on constate, suivant la méthode de Frobenius, que la dérivée du second membre par rapport à un élément de V est nulle et qu'ainsi cette somme ne dépend pas du contenu de V. Or, si l'on vide ce domaine, les déterminants en ρ s'annulent sauf celui d'ordre 0, auquel on attribue la valeur 1, et le déterminant en φ qui lui correspond est Δ, ayant pour matrice M.

Constatons que C est indépendant de l'ordre p et que Δ_0 s'évanouit si l'on a la relation $\Sigma r_i > p(n-1)$.

Le développement suivant les mineurs montre que le second membre de (I) est équivalent à la somme [1]

$$\text{(II)} \quad |\mathfrak{F}(i_1, \ldots, i_n)|_p + \sum_{\rho_1=1}^{r_1} (-1)^R \sum_{\lambda=1}^{r_1} \left| \mathfrak{F}(i_1, \ldots, i_n) \left\{ 1 - \sum_{\alpha=1}^{\rho_1} \delta_{i_1, \lambda_\alpha} \left[1 - \prod_{2}^{n}{}^{\mu} \left(1 - \sum_{\theta_\mu = 1 + r_\mu}^{p} \delta_{i_\mu, \theta_\mu} \right) \right] \right\} \right|_p,$$

de 2^{r_1} déterminants (où les signances sont les mêmes).

Dans le cas d'un vide s'étendant partout à l'extérieur d'un espace axial E, on a l'égalité

$$\text{(III)} \quad |\mathfrak{F}(i_1, \ldots, i_n)\, \delta_{i_k, \ldots, i_n}|_p = |\mathfrak{F}(i_1, \ldots, i_n)|_p + \sum_{\pi=1}^{p} (-1)^\pi \sum_{l=1}^{p} \left| \mathfrak{F}(i_1, \ldots, i_n) \left\{ 1 - \delta_{i_k, \ldots, i_n} \left[1 - \prod_{1}^{\pi}{}^{\alpha} (1 - \delta_{i_m, l_\alpha}) \right] \right\} \right|_p,$$

---

(1) Pour $n = 2$, cf. Th. MUIR, *Proc. R. Soc. Edinburgh*, t. 42, 1921-1922, p. 344-345.

qui se démontre en développant les déterminants en fonction de déterminants à espace axial vide (¹). En langage géométrique, on peut dire qu'en vidant, à l'extérieur d'un espace axial E, un déterminant plein Δ, on lui fait perdre la valeur

$$\text{(IV)} \qquad \Delta - \Delta_0 = \sum_{\pi=1}^{p} (-1)^{\pi-1} \sum_{t=1}^{p} \nabla(t_1, \ldots, t_\pi),$$

$\nabla(t_1, \ldots, t_\pi)$ désignant Δ où l'on a vidé, au dehors de E, les tranches $t_1, \ldots, t_\pi$ d'une même orientation m arbitraire. Suivant que $m > k$ ou $\leqq k$, le vide de chaque tranche t est respectivement un espace diagonal ou une couche, chacun a $k-1$ dimensions.

Les formules (II) et (III) sont des cas particuliers de la PROPRIÉTÉ GÉNÉRALE suivante : *Si la loi de distribution des signances est partout la même, trouer un déterminant* Δ *lui fait perdre la valeur donnée par* (IV), $\nabla(t_1, \ldots, t_\pi)$ *désignant* Δ *où les tranches* $t_1, \ldots, t_\pi$, *d'une même orientation arbitraire, ont été trouées complètement aux tranches correspondantes de* Δ_0.

Si le vide ne s'étend que sur q tranches de l'orientation choisie, le second membre comporte non plus $2^p - 1$, mais $2^q - 1$ déterminants, les autres s'évanouissant.

La relation (III) se généralise encore en la suivante :

$$\begin{aligned} &\left| [\mathfrak{F}(i_1, \ldots, i_n) - f(i_1, \ldots, i_n)]\, \delta_{i_k, \ldots, i_n} \right|_p \\ &= \left| \mathfrak{F}(i_1, \ldots, i_n) \right|_p + \sum_{\pi=1}^{p} (-1)^{\pi} \sum_{t=1}^{p} \Bigg| \mathfrak{F}(i_1, \ldots, i_n) + [f(i_1, \ldots, i_n) - \mathfrak{F}(i_1, \ldots, i_n)] \\ &\qquad \times \left\{ \delta_{i_k, \ldots, i_n} \left[1 - \prod_{\alpha=1}^{\tau} (1 - \delta_{i_m, t_\alpha}) \right] \right\} \Bigg|_p, \end{aligned}$$

qui signifie ceci : à condition de diminuer de $f(i_1, \ldots, i_n)$ les éléments $\mathfrak{F}(i_1, \ldots, i_n)$ de l'espace axial de Δ_0, les zéros des déterminants ∇ de (IV) peuvent être remplacés par des fonctions $f(i_1, \ldots, i_n)$ arbitraires, si elles sont les mêmes pour tous les ∇ (²).

Le développement suivant les mineurs, fondement de la propriété générale, a lieu non seulement pour un déterminant, mais encore pour toute fonction ψ linéaire par rapport aux éléments d'une tranche arbitraire et par

---

(¹) Cf. M. LECAT, *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 1185.

(²) MUIR (*loc. cit.*, § 9, p. 347) signale cette propriété pour le cas très particulier du déterminant ordinaire, k valant 1. Au paragraphe 8, il fait une remarque analogue, mais fausse, pour le vide rectangulaire.

suite définie en appliquant au permanent n'importe quelle règle des signes. Il en résulte que ce qui précède vaut pour les fonctions ψ.

GÉOMÉTRIE ANALYTIQUE. — *Sur certaines propriétés fonctionnelles des coniques et leurs généralisations*. Note de M. **E. O. Lovett**, présentée par M. Appell.

En lisant les Notes récentes de M. A. Angelesco [1] et de M. G. Bratu [2], on est conduit à considérer certaines généralisations du problème de M. Angelesco, dans lesquelles on trouve en particulier des applications des progressions polynomiales de M. Bratu.

On propose de déterminer une courbe plane C représentée paramétriquement par les équations $x=f(u)$, $y=\varphi(u)$, et jouissant de la propriété suivante :

P_j, P_l, P_r, P_t, $j<l<r<t$, étant quatre points quelconques, ou quatre points choisis suivant des conventions données, de la suite des points P_i ($i=0, 1, 2, \ldots, n$) sur la courbe C correspondant aux valeurs $u+ih$ du paramètre u, et $a_{r,j}$, $a_{j,l}$, $a_{l,t}$, $a_{t,r}$, $a_{r,l}$ étant des constantes indépendantes de j, l, r, t, les déterminants indépendants de la matrice

$$\left\| \begin{matrix} f_j & f_l & f_r & f_t \\ \varphi_j & \varphi_l & \varphi_r & \varphi_t \end{matrix} \right\|, \qquad \psi_i=\psi(u+ih) \tag{1}$$

satisfont à la relation linéaire

$$L=\mathrm{S}a_{p.q}|f_p, \varphi_q|=0, \tag{2}$$

et cela quels que soient u et h.

En désignant par $\psi_0^{(m)}$ la dérivée du $m^{\text{ième}}$ ordre de ψ par rapport à h, après avoir fait $h=0$, et par $\psi^{(m)}$ la dérivée $m^{\text{ième}}$ de ψ par rapport à u, en écrivant $l-j=\lambda$, $r-l=\mu$, $t-r=\nu$, on déduit des équations

$$L_0^{(m)}=0 \quad (m=1, 2, \ldots, 6), \tag{3}$$

---

[1] A. Angelesco, *Sur une propriété fonctionnelle des coniques* (*Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 666).

[2] G. Bratu, *Sur les progressions d'ordre supérieur* (*Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 562).

formées au moyen des équations

$$(4)\quad \begin{cases} |f_p, \varphi_q|_0^{(m)} = \sum_{i=0}^{i=k} \binom{m}{i} p^i q^i (q^{m-2i} - p^{m-2i}) \, |f^{(i)}, \varphi^{(m-i)}|, \\ \binom{m}{0} = 1, \quad k = \frac{m-1}{2}, \quad \text{pour } m \text{ impair}; \\ \psi^{(0)} = \psi, \quad k = \frac{m}{2} - 1, \quad \text{pour } m \text{ pair}, \end{cases}$$

les résultats suivants :

I. Pour $\lambda \neq \mu \neq \nu$: 1° toutes les $a_{p,q}$ peuvent rester arbitraires, et les seules courbes C sont les lignes droites qui passent par l'origine des coordonnées; 2° $a_{r,j}$, $a_{t,t}$, constantes arbitraires, $a_{j,l} = a_{r,j}$, $a_{t,r} = a_{l,t}$, $a_{r,l} = a_{l,t} - a_{r,j}$, et les seules courbes C sont toutes les lignes droites du plan.

II. Pour toutes les relations possibles d'égalité ou d'inégalité entre λ, μ et ν, deux à deux, les lignes droites se présentent parmi les solutions des problèmes correspondants.

III. Si $\lambda = \nu$, c'est-à-dire si $l - j = t - r = k$, on a

$$a_{r,j} = a_{j,l} = a_{l,t} = a_{t,r}, \qquad a_{r,l} = 0,$$

et les autres courbes C sont les coniques du plan. Dans ce cas, la relation (2) s'écrit dans la forme

$$(5)\qquad |f_j - f_{r+k}, \varphi_r - \varphi_{j+k}| = 0,$$

exprimant que les polygones rectilignes

$$P_j P_{j+k} P_{j+k+\rho} \ldots P_r \quad \text{et} \quad P_{j+k} P_{j+k+\rho} \ldots P_r P_{r+k}$$

sont de même aire et de même orientation, où ρ peut prendre une quelconque, deux quelconques ou p quelconques, des valeurs $0, 1, 2, \ldots, r - j - k - 1$. A chacune de ces interprétations géométriques correspond une propriété caractéristique des coniques. Si $k = 1$, l'équation (5) exprime, en particulier, que les polygones rectilignes

$$P_j P_{j+1} P_{j+2} \ldots P_{r-1} P_r, \quad P_{j+1} P_{j+2} \ldots P_r P_{r+1}, \quad \ldots$$

sont de même aire et de même orientation, ce qui donne pour $r = j + 2$ le problème de M. Angelesco.

IV. Si $\lambda = \mu = \nu$, on a les deux cas :

1° $\quad a_{r,j} = a_{j,l} = a_{l,t} = a_{t,r}, \qquad a_{r,l} = 0;$

2° $\quad a_{r,j}$, $a_{j,l}$ (const. arbit.), et $a_{l,t} = a_{j,l}$, $a_{t,r} = a_{r,j}$, $a_{r,l} = 3(a_{j,l} - a_{r,j})$.

dont le premier est un cas particulier de III. Dans le second cas, les autres courbes C sont les paraboles du plan, et la relation (2) devient

$$(6)\qquad \begin{vmatrix} f_j & \varphi_j & \alpha \\ f_{j+k} & \varphi_{j+k} & \beta \\ f_{j+2k} & \varphi_{j+2k} & \gamma \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} f_{j+k} & \varphi_{j+k} & \beta \\ f_{j+2k} & \varphi_{j+2k} & \gamma \\ f_{j+3k} & \varphi_{j+3k} & \delta \end{vmatrix}, \qquad \alpha - 3\beta + 3\gamma - \delta = 0,$$

ce qui paraît dans une autre manière, en remarquant que les fonctions f et φ satisfont à la relation

$$\psi_{j+3k} - 3\psi_{j+2k} + 3\psi_{j+k} - \psi_j = 0,$$

déduite sans difficulté de la formule de récurrence donnée par M. Bratu pour les progressions paraboliques.

On peut remarquer que, en termes de $n+2$ points et une relation linéaire dans $2n+1$ déterminants du $n^{\text{ième}}$ ordre, le problème de cette Note se généralise pour l'espace à n dimensions. Dans l'espace ordinaire, par exemple, en prenant les cinq points P_j, P_l, P_p, P_r, P_t et la relation

$$\mathrm{S}\,a_{p,q,r}|f_p, \varphi_q, \psi_r| = 0,$$

on trouve que, dans le cas le plus simple

$$j = i-2, \quad l = i-1, \quad p = i, \quad r = i+1, \quad t = i+2 \qquad (i = 0, 1, 2, \ldots, n, \ldots),$$

on rencontre les progressions polynomiales de l'ordre 3 de M. Bratu, si l'on a les relations

$$a_{p,r,j}, \quad a_{r,j,l}, \quad a_{j,l,p}, \text{ constantes arbitraires,}$$

$$a_{p,t,r} + a_{p,r,j} = a_{t,r,l} + a_{r,j,l} = a_{l,p,t} - a_{j,l,p} = a_{r,l,p} + 4a_{p,r,j} + 6a_{r,j,l} + 4a_{j,l,p} = 0,$$

dont la solution particulière

$$a_{p,r,j} = -a_{r,j,l} = a_{j,l,p} = a_{l,p,t} = -a_{p,t,r} = a_{t,r,l} = -a_{r,l,p} = 1$$

correspond à une généralisation très simple du problème de M. Angelesco.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'existence de classes* (D) *non complètes.* Note de M. **Maurice Fréchet.**

Dans un Mémoire du volume 38 des *Annales de l'École Normale supérieure*, j'avais posé la question suivante :

« Une classe (D) est-elle nécessairement complète ? »

Autrement dit, est-il toujours possible dans une classe (D), c'est-à-dire dans une classe où les éléments d'accumulation peuvent être définis par

l'intermédiaire d'une « distance », de choisir cette distance, sans modifier les éléments d'accumulation, de sorte que si dans une suite d'éléments A_1, A_2, ..., la distance (A_n, A_{n+p}) est infiniment petite avec $\frac{1}{n}$ quel que soit p, la suite soit convergente?

Cette question doit être définitivement résolue par la négative comme il résulte d'une lettre que m'a adressée en avril 1922 M. Chittenden. Sa démonstration repose sur la proposition générale suivante : Si une classe ($\mathcal{D}$) est complète et contient un ensemble C dense en lui-même, tout voisinage d'un élément P de C contient un sous-ensemble de ($\mathcal{D}$) qui est homéomorphe d'un intervalle linéaire. Après avoir établi cette proposition, M. Chittenden conclut qu'on obtiendra une classe ($\mathcal{D}$) non complète en considérant par exemple la classe formée des seuls nombres rationnels avec la définition usuelle de la distance.

Le même exemple vient de m'être communiqué (et justifié cette fois par un raisonnement direct) par M. Sierpinski dans une lettre de février 1923, lettre qui me détermine à faire connaître l'antériorité de M. Chittenden et l'indépendance des auteurs.

J'ajoute que, en me reportant à mon Mémoire, j'y relève une indication qui mettait sur la voie de la solution. Je rappelais en effet à la page 355 la proposition suivante indiquée dans le second de mes Mémoires des *Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo*, en 1910 (§ 14) : « Dans une classe ($\mathcal{D}$) complète, un ensemble parfait ne peut être dénombrable. » Or il résulte immédiatement de là qu'on obtiendra un exemple d'une classe ($\mathcal{D}$) non complète au moyen de toute classe ($\mathcal{D}$) parfaite dénombrable : telle la classe particulière signalée plus haut.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les séries de Taylor qui ont des lacunes.* Note de M. **Mandelbrojt**, présentée par M. Henri Lebesgue.

Dans une Note précédente [1] j'ai indiqué la liaison existant entre la nature et le nombre des points singuliers situés sur le cercle de convergence d'une série

$$\sum_{n=1}^{\infty} a_n x^{\lambda_n}$$

et la suite λ_n.

---

[1] *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 728.

Je voudrais présenter encore quelques théorèmes qui approfondissent cette liaison. Voici d'abord un exemple d'une série

$$\sum_{n=1}^{\infty} a_n x^{\lambda_n}$$

présentant des lacunes telles que pour une suite

$$\lambda_{n_i} \qquad (i=1, 2, \ldots),$$

on ait

$$\lim(\lambda_{n_i+1} - \lambda_{n_i}) = \infty, \tag{1}$$

et telle que la fonction

$$\psi(x) = \sum_{n=1}^{\infty} a_n x^{\lambda_n}$$

admette sur le cercle de convergence le seul point singulier d'affixe *un*.

Soit une série convergente à termes positifs

$$\varepsilon_1, \quad \varepsilon_2, \quad \ldots, \quad \varepsilon_i, \quad \ldots.$$

Dans chaque série convergente (A_k)

$$(A_1) \qquad \frac{1}{2^S} + \frac{1}{5^S} + \ldots + \frac{1}{(n^2+1)^S} + \ldots,$$

$$(A_2) \qquad \frac{1}{3^S} + \frac{1}{6^S} + \ldots + \frac{1}{(n^2+2)^S} + \ldots,$$

$$\ldots \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,$$

$$(A_k) \qquad \frac{1}{(1+k)^S} + \frac{1}{(2^2+k)^S} + \ldots + \frac{1}{(n^2+k)^S} + \ldots,$$

$$\ldots \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,$$

où $\frac{1}{2} < S < 1$, supprimons les $n_k - 1$ premiers termes, n_k étant suffisamment grand pour que la somme des termes restants soit inférieure à ε_k. La série formée par les termes

$$1, \quad \left(\frac{1}{2^2}\right)^S, \quad \ldots, \quad \left(\frac{1}{n^2}\right)^S, \quad \ldots$$

et des termes qui restent dans les séries

$$(A_k) \qquad (k=1, 2, \ldots)$$

est une série convergente. On peut donc, d'après des théorèmes connus, former une fonction entière $g(z)$ qui admette comme zéros les points

d'affixes

$$(n_k+i)^2+k \qquad (k=0,1,2,\ldots;\ i=0,1,\ldots;\ n_0=1),$$

et qui soit telle que la fonction

$$F(x)=\sum_{n=1}^{\infty} g(n)x^n$$

ait le seul point singulier 1. D'autre part, les coefficients $g(n)$ satisfont à la condition (1) relativement aux lacunes.

Mais *si la série*

$$\sum_{n=1}^{\infty} a_n x^{\lambda_n}$$

admet des lacunes telles que, pour une suite de λ_{n_i}, *on ait*

$$\lim \frac{\lambda_{n_i+1}}{\lambda_{n_i}}=\infty,$$

les seules singularités de la fonction représentée par cette série sont des continus non bornés (1).

Je démontre maintenant le théorème suivant :

Soit une suite $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_i, \ldots$ *ne contenant qu'un nombre fini de multiples de chaque nombre* p_i *appartenant à une suite quelconque donnée de nombres premiers* $p_1, p_2, \ldots, p_i, \ldots$. *Alors la fonction représentée par la série*

$$\sum_{n=1}^{\infty} a_n x^{\lambda_n}$$

a, sur le cercle de convergence, un ensemble irréductible de points singuliers.

On a vu, dans la Note précédente, que la condition (1) suffit pour conclure à l'existence, sur le cercle de convergence, d'un point singulier au moins, qui n'est pas un pôle. Mais, *a priori*, il peut aussi exister des pôles sur ce cercle; la proposition suivante complète le résultat rappelé.

Soient deux suites

1° $\lambda_1,\ \lambda_2,\ \ldots,$

2° $\lambda'_1,\ \lambda'_2,\ \ldots$

formant par leur réunion la suite de tous les nombres entiers positifs.

(1) On peut démontrer ce fait en tenant compte d'un théorème de Weierstrass sur les séries de fonctions holomorphes dans un domaine fermé et convergeant uniformément sur le contour et d'un résultat de M. Ostrowski.

S'il existe une série

$$\sum_{n=1}^{\infty} a_n x^{\lambda_n}$$

représentant une fonction qui admet un seul point singulier sur le cercle de convergence, la série

$$\sum_{n=1}^{\infty} b_n x^{\lambda'_n},$$

où les b_n sont quelconques, n'a pas de pôle dont la partie principale se réduise à un seul terme $\frac{A_p}{(x_0 - x)^p}$ (en particulier il n'a pas de pôle simple) sur le cercle de convergence.

Je signale enfin la remarque suivante :

Le degré d'infinitude de la fonction sur le cercle de convergence ne dépend pas de la suite λ_n. On peut toujours former une série

$$\sum_{n=1} a_n x^{\lambda_n}$$

qui soit continue, ainsi que ses séries dérivées, sur le cercle de convergence lui-même.

MÉCANIQUE. — *Sur le champ gravitationnel de n corps dans la théorie de la relativité.* Note de M. **H.-C. Levinson.**

Dans une Note (¹) récente, j'ai donné une méthode pour trouver les équations du mouvement dans le cas de n points matériels libres, supposant connues les solutions des équations du champ de la gravitation avec les conditions aux frontières. M. Haag (²) s'est récemment appuyé sur une erreur qu'on a faite quelquefois à ce sujet. Je voudrais démontrer que cette erreur ne se trouve pas dans ma Note. En effet, la non-linéarité des potentiels gravitationnels est peut-être la caractéristique dominante de la Mécanique relativiste. Je vais, à mon tour, signaler une confusion de termes qui doit être évitée.

La loi du mouvement d'un point matériel dans un champ gravitationnel

(¹) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 734.
(²) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 826.

est qu'il passe du point P_1 au point P_2 le long de la géodésique unique qui contient ces points. Le problème est de déterminer ces lignes géodésiques, ou, en d'autres mots, le champ gravitationnel. Ce champ dépend évidemment de tous les corps présents, excepté un, celui dont nous considérons le mouvement. Prenons le cas le plus simple, celui d'une particule isolée qui est en mouvement dans un champ pour lequel les $g_{\mu\nu}$ ont les valeurs

$$(1) \quad \begin{cases} g_{\mu\mu} = -1 & (\mu = 1, 2, 3), \\ g_{44} = +1, & \\ g_{\mu\nu} = 0 & (\mu, \nu = 1, \ldots, 4; \mu \neq \nu). \end{cases}$$

La courbe du mouvement est une droite euclidienne. Le champ que nous avions à considérer n'était produit par aucun corps. Mais après l'introduction de la particule en mouvement, il existe un champ qui varie en chaque point avec le temps. Le ds^2 de ce champ appartient, à proprement parler, au problème de deux corps, car il conduit aux équations du mouvement d'une seconde particule. Dans cet exemple spécial il faudrait prendre comme second corps une particule infinitésimale dont on négligerait l'effet sur le champ; autrement la première particule ne continuerait pas à décrire une droite euclidienne. Mais si l'on connaissait les solutions des équations du champ pour un point matériel en mouvement arbitraire, on pourrait, par la méthode que j'ai indiquée dans ma Note, déterminer les équations du mouvement de deux particules libres. Ainsi, pour trouver le mouvement de deux corps, il suffit de résoudre les équations pour un corps en mouvement arbitraire. D'un autre côté, pour trouver le champ *produit* par deux corps, il faut résoudre les équations pour deux corps en mouvement arbitraire.

Les propriétés essentielles d'un champ composite sont plus nettement exposées en prenant un autre point de vue. Considérons, pour prendre un exemple simple, le champ produit par deux points matériels au repos, m_1 et m_2, et ds^2 peut s'écrire

$$ds^2 = \sum_{\mu=1}^{4} \sum_{\nu=1}^{4} h_{\mu\nu}\, dx_\mu\, dx_\nu,$$

$$h_{pq} = a_{pq} + \sum_{i=1}^{\infty} b_{pq}^{(i)} m_1^i + \sum^{\infty} c_{pq}^{(i)} m_2^i + \sum_{j=1}^{\infty} \sum_{k=1}^{\infty} d_{pq}^{(jk)} m_1^j m_2^k \qquad (p, q = 1, \ldots, 4).$$

Les a_{pq}, $b_{pq}^{(i)}$, $c_{pq}^{(i)}$, $d_{pq}^{(jk)}$ sont fonctions des variables spatiales x_1, x_2, x_3. Les séries intégrales en m_1, m_2 seront sûrement convergentes pour des valeurs assez grandes des variables. Le caractère composite du champ se manifeste par les termes dont les coefficients sont les $d_{pq}^{(jk)}$. Les $b_{pq}^{(i)}$, tout au contraire,

ont les mêmes valeurs que s'il n'y avait que m_1 dans le champ. Les valeurs des $c_{pq}^{(i)}$ sont les mêmes que s'il n'y avait que m_2 présent. On peut alors trouver les $b_{pq}^{(i)}$ et les c_{pq} par les solutions des équations du champ pour un corps. La solution bien connue de Schwarzschild pour une particule donne leurs valeurs. Mais, pour trouver les $d_{pq}^{(jk)}$, il faut résoudre les équations pour deux corps. On reste ainsi conduit aux équations du mouvement des trois corps, deux corps étant fixes. Les a_{pq} représentent le champ qu'il y aurait si m_1 et m_2 n'étaient pas présents.

Pour avoir une approximation qui corresponde à la Mécanique classique, on donne à tous les $d_{pq}^{(jk)}$ une valeur identiquement nulle, ainsi qu'à tous les $b_{pq}^{(i)}$ et $e_{pq}^{(i)}$ pour lesquels $i > 1$. On a alors la loi simple de l'addition du potentiel newtonien.

Toutes ces considérations s'appliquent directement au cas de n points matériels. Pour trouver leur mouvement on résout les équations du champ pour le cas de $n-1$ points en mouvement arbitraire. Mais le champ produit par n points n'est donné que si l'on résout les équations pour le cas de n points. Des confusions de termes se produisent souvent lorsqu'on parle de la théorie einsteinienne, parce que notre langage habituel est basé sur le point de vue de la théorie classique.

MÉCANIQUE. — *Quelques propriétés dynamiques et géométriques du mouvement résultant des conditions de M. Angelesco.* Note de M. **Ernest Csilser.**

M. Angelesco a étudié la classe des courbes satisfaisant à la condition suivante ([1]). Soit une courbe

$$x = x(u), \qquad y = y(u), \tag{1}$$

et donnons au paramètre u les valeurs successives u, $u+h$, $u+2h$, $u+3h$, ..., h étant très petit, qui correspondent aux points A, A_1, A_2, A_3, ..., sur la courbe. Maintenant la condition est que deux triangles successifs, formés par les cordes, ΔAA_1A_2, $\Delta A_1A_2A_3$, etc., aient la même aire; son expression analytique est la suivante :

$$x'y''' - y'x''' = 0, \tag{2}$$

([1]) *Sur une propriété fonctionnelle des coniques* (*Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 666).

aux infiniment petits du cinquième ordre près. Si l'on identifie le paramètre u avec le temps, on peut considérer les fonctions (1) comme les équations d'un mouvement; alors les dérivées x', y', ... sont les dérivées des coordonnées par rapport au temps. Mais l'équation (2) peut s'écrire

$$\frac{d}{dt}(x'y''-y'x'')=0,$$

c'est-à-dire

$$x'y''-y'x''=c \tag{3}$$

ou

$$[\overline{v}\overline{R}]_z=c,$$

le premier membre étant la troisième composante du produit vectoriel de la vitesse par la force. Par conséquent la condition (2) exprime qu'en tous les moments du mouvement l'aire formée des deux vecteurs est constante. Cette relation ne suffit pas pour déterminer les fonctions x et y, mais en choisissant arbitrairement l'une de ces fonctions, par exemple $x=at+b$, on conclut que la chute libre des corps pesants suit cette loi. M. Angelesco ajoute une deuxième condition en annulant le coefficient de la cinquième puissance de h dans le développement analytique du problème. Cette condition se réduit à la relation

$$x''y^{(4)}-y''x^{(4)}=0 \qquad \text{ou} \qquad \frac{d}{dt}(x''y'''-y''x''')=0,$$

d'où l'on tire

$$x''y'''-y''x'''=c', \tag{4}$$

où c' représente une autre aire, formée de la force et de la vitesse de son changement, cette aire doit être aussi constante.

Les équations (3) et (4) peuvent s'écrire aussi sous la forme

$$x'\left(y''-x''\frac{y'}{x'}\right)=c \qquad \text{et} \qquad x'''\left(x''\frac{y'''}{x'''}-y''\right)=c';$$

mais de l'équation (2) on a

$$\frac{y'''}{x'''}=\frac{y'}{x'}.$$

A l'aide de cette relation on obtient

$$\frac{x'''}{x'}=-\frac{c'}{c}.$$

En vertu de la relation (2) on établit encore que

(5) $$\frac{x'''}{x'} = \frac{y'''}{y'} = -\frac{c'}{c},$$

c'est-à-dire x et y satisfont à la même équation.

Si $c = 0$, $x''' = y''' = 0$, dont la solution est une parabole, pour $c = 0$, la solution est une ligne droite. Mais en général on obtient des solutions de la forme $ae^{rt} + be^{-rt} + c$, où $r^2 = -\frac{c'}{c}$. Si r est réel, c'est-à-dire $-\frac{c'}{c} > 0$, la trajectoire est hyperbolique; si r est imaginaire, ou $-\frac{c'}{c} < 0$, la trajectoire est elliptique.

Maintenant, en admettant que la trajectoire d'un mouvement, définie par la relation (5), est une conique, tâchons de déterminer la nature de cette conique d'après les conditions précédentes.

Pour ce but, prenons l'équation générale des coniques

$$ax^2 + bxy + cy^2 + dx + cy + f = 0,$$

d'où

(6) $$y = -\frac{bx + e}{2c} + \frac{\sqrt{(b^2 - 4ac)x^2 + 2(be - 2cd) + e^2 - 4cf}}{2c},$$

où nous posons pour abréger

(7) $$\varphi = (b^2 - 4ac)x^2 + 2(be - 2cd) + e^2 - 4cf.$$

Maintenant soit une fonction $y = f(x)$, représentant la trajectoire d'un mouvement, d'abord sans aucune condition spéciale, dont on forme les deux premières dérivées par rapport au temps. Nous trouvons

(8) $$y' = \frac{df}{dx}x' \qquad \text{et} \qquad y'' = \frac{d^2f}{dx^2}x'^2 + \frac{df}{dx}x'.$$

Si l'on forme l'expression $x'y'' - y'x''$, on trouve aisément

$$x'^3 \frac{d^2f}{dx^2} = c$$

en soumettant la fonction f à la condition (3). Dérivons cette équation deux fois et l'on aura, après la suppression du facteur x'^2,

$$3x''\frac{d^2f}{dx^2} + x'^2\frac{d^3f}{dx^3} = 0 \qquad \text{et} \qquad 3x'''\frac{d^2f}{dx^2} + 5x'x''\frac{d^3f}{dx^3} + x'^3\frac{d^4f}{dx^4} = 0.$$

En éliminant x'' entre ces équations, on en tire

$$(9) \qquad \frac{x'''}{x'} = \frac{x'^2}{9}\left[5\left(\frac{\frac{d^3f}{dx^3}}{\frac{d^2f}{dx^2}}\right)^2 - 3\,\frac{\frac{d^4f}{dx^4}}{\frac{d^2f}{dx^2}}\right].$$

Maintenant, si la fonction $y = f(x)$ est précisément l'équation (6), on peut appliquer l'équation (5), qui contient aussi la deuxième condition de M. Angelesco.

Si l'on forme les dérivées successives $\frac{dy}{dx}$, ... de la fonction (6) et si l'on remarque que $\frac{d^3\varphi}{dx^3} = 0$, on obtient, après des calculs purement formels,

$$(10) \qquad \frac{x'''}{x'} = \frac{x'^2}{2\varphi}\,\frac{d^2\varphi}{dx^2} = \frac{x'^2}{\varphi}(b^2 - 4ac).$$

Constatons maintenant que dans l'équation (6) on a

$$\varphi = (2cy + bx + e)^2;$$

or φ est toujours positif, car le mouvement est réel; par conséquent, le signe de $\frac{x'''}{x'}$ dépend exclusivement du signe du facteur $b^2 - 4ac$. Or si l'on tient compte de la relation (5) et des remarques qui la suivent, on en conclut que si $b^2 - 4ac \gtreqless 0$, la trajectoire est hyperbole, parabole ou ellipse; si $\varphi = 0$, la trajectoire est ligne droite.

ÉLECTRICITÉ. — *Propagation d'ondes entretenues le long d'une ligne de fer.* Note (¹) de M. G. Laville, présentée par M. Brillouin.

Dans une Note précédente (²), j'ai indiqué un procédé d'étude de la propagation d'ondes électromagnétiques entretenues le long d'une ligne en fils de cuivre. J'ai appliqué la même méthode à l'étude de la propagation le long de fils de fer.

Les courbes de résonance ont des pointes beaucoup plus aplaties. Elles sont parfaitement symétriques par rapport à leurs maxima. Les courbes construites en prenant les inverses des ordonnées de ces pointes sont encore des paraboles égales. L'impédance de la ligne de fer étant très grande,

(¹) Séance du 3 avril 1923.
(²) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 574.

l'influence perturbatrice du pont d'entrée est négligeable et l'amortissement γ peut se déduire de l'étude d'une seule de ces pointes. Il est même inutile de les transformer en paraboles et il suffit de mesurer la largeur e de la pointe à la moitié de sa hauteur. Si n est le numéro d'ordre de la pointe étudiée, γ est donné par la formule

$$\gamma = \frac{\pi}{n l^2} \frac{e}{2},$$

l étant la demi-longueur d'onde, cette formule se déduit des formules données dans la Note précédente en négligeant les termes A et B.

Les positions des maxima sont, comme pour le cuivre, parfaitement équidistantes et séparées par des intervalles l que l'on mesure facilement. Mais si l'on compare les longueurs d'onde mesurées sur la ligne de fer à celles mesurées sur une ligne de cuivre excitée simultanément avec le même oscillateur, on constate que les longueurs d'onde dans le fer sont notablement plus courtes que les longueurs d'onde dans le cuivre. L'écart est sensiblement proportionnel à la puissance $\frac{3}{2}$ de la longueur d'onde et diminue par suite quand la fréquence augmente.

L'application de la théorie de Kirchhoff donne des différences de longueurs d'onde beaucoup plus faibles que celles que l'on observe.

Si en effet on calcule la valeur de la résistance par la formule de L. Kelvin relative à la pénétration du courant, on trouve

$$(1) \qquad \gamma = \frac{1}{V} \frac{\sqrt{N\mu\rho}}{2 d L \frac{2D}{d}},$$

$$(2) \qquad \frac{1}{\lambda^2} = \frac{1}{\lambda_0^2} + \frac{\gamma^2}{4\pi^2},$$

où N représente la fréquence, V la vitesse de la lumière, μ la perméabilité magnétique du métal, ρ sa résistivité, λ la longueur d'onde mesurée le long du fil métallique, λ_0 la longueur d'onde que donne la théorie pour un fil sans résistance et qui serait égale à $\frac{V}{N}$. D désigne la distance des axes des fils et d leur diamètre.

Pour un amortissement de $28,2 \times 10^{-5}$ qui correspond à $N = 4,6 \times 10^7$, la formule (2) donnerait un raccourcissement de $0^{cm},27$ seulement, alors que l'expérience donne 18^{cm}.

J'ai alors étudié la propagation à partir des équations de Maxwell, ainsi

que l'a fait G. Mie ([1]), et obtenu une relation toute différente entre λ et γ. On la trouve en négligeant dans les formules très compliquées de Mie des termes du second ordre que l'expérience montre négligeables dans le cas du fer et l'on arrive aux deux formules suivantes :

$$\gamma = \frac{\lambda}{\lambda_0}\frac{1}{V}\frac{\sqrt{N\mu\rho}}{2dL\frac{2D}{d}}, \tag{3}$$

$$\frac{1}{\lambda^2} = \frac{1}{\lambda_0^2} + \frac{\pi}{\gamma\lambda}. \tag{4}$$

La première diffère peu de la relation (1) que donne la théorie de Kirchhoff, car le rapport $\frac{\lambda}{\lambda_0}$ reste toujours assez voisin de l'unité. La seconde indique une diminution beaucoup plus grande de la longueur d'onde que la relation (2) et donne des résultats parfaitement conformes à l'expérience suivante : une ligne de cuivre placée à angle droit de la ligne de fer est excitée par le même oscillateur et aussi peu couplée que possible afin d'éviter que les deux lignes et l'oscillateur ne réagissent les uns sur les autres. On mesure simultanément la longueur d'onde le long des deux lignes. Pour le cuivre, la longueur d'onde diffère très peu de la longueur d'onde dans un fil sans résistance ainsi qu'il résulte de l'application de l'une ou l'autre théorie. J'ai admis la faible correction déduite des formules de Mie pour obtenir λ_0 à partir de la longueur d'onde mesurée dans le cuivre. Cette correction représente moins de 0,2 pour 100 de la longueur d'onde et l'on pourrait même n'en pas tenir compte.

De la différence entre la longueur d'onde λ mesurée dans le fer et λ_0 on déduit l'amortissement γ et l'on compare la valeur ainsi trouvée à celle que donne l'étude directe de la courbe de résonance. Les deux valeurs ont été trouvées égales à $\frac{1}{280}$ près. Il faut en conclure que la formule (4) rend compte très exactement des résultats expérimentaux, tandis que la formule déduite de la théorie de Kirchhoff et du calcul de la capacité et de la self-induction pour une distribution exactement superficielle, la pénétration n'intervenant que dans le calcul de la résistance conduit à des résultats en désaccord avec l'expérience.

Aucune des deux théories n'introduit l'existence d'hystérésis aux hautes fréquences. On est donc amené à conclure de l'accord des expériences avec

([1]) G. Mie, *Wied. Ann.*, t. 6, 1900, p. 201.

la théorie que les pertes par hystérésis, s'il y en a, n'introduisent aucun amortissement observable dans les conditions où j'opère.

La formule (3) permet de tirer μ de la valeur expérimentale de γ. Pour des fréquences croissant de $4,6 \times 10^7$ à 10^8, la perméabilité s'est montrée constante et très faible. J'ai l'intention de rechercher si l'absence d'hystérésis et la faible valeur de μ sont dues à la fréquence élevée des oscillations ou à la très petite intensité du champ magnétisant.

La ligne étant constituée par deux fils de fer de résistivité $\rho = 12100$ U. E. M, de $0^{mm},98$ de diamètre et distants d'axe en axe de $2^{cm},1$, le Tableau suivant donne les résultats numériques des expériences :

λ.	λ_0.	$\lambda - \lambda_0$.	γ.	μ.
cm	cm	cm		
632.......	650	18	$28,2.10^{-5}$	73,6
428.......	438,2	10,2	$34,4.10^{-5}$	73,5
300.......	305,6	5,6	$41,6.10^{-5}$	74

CHIMIE ORGANIQUE. — *Catalyse et empêchement stérique.* Note de MM. **G. Vavon** et **A. Husson**, présentée par M. A. Haller.

La notion d'empêchement stérique a été introduite dans la science par Victor Meyer à la suite de ses recherches sur l'éthérification des acides : la présence de radicaux au voisinage de la fonction acide *encombre l'espace* et de ce fait gêne ou empêche l'éthérification ou toute autre réaction de la fonction acide.

Cette théorie a donné naissance à un grand nombre de travaux portant sur diverses réactions : éthérification des acides et des alcoo's, saponification des éthers-sels, hydratation des nitriles et des amides, formation des oximes et des phénylhydrazones à partir des cétones, formation de sels d'ammonium quaternaire à partir des amines, etc.

L'accord entre la théorie et l'expérience laisse souvent à désirer. L'empêchement stérique ne saurait évidemment à lui seul rendre compte des propriétés des corps; les radicaux introduits apportent, en plus de leur encombrement, des affinités propres, modifiant les propriétés des fonctions déjà existantes dans la molécule; ces modifications s'ajoutent à l'empêchement stérique pour donner une résultante qui n'est pas forcément de même sens que celui-ci. Si l'on ne fait appel qu'aux radicaux de faible affinité chimique, radicaux saturés aliphatiques ou cycliques, la théorie se vérifie bien dans toutes les réactions précitées. Toutefois elle reste en

désaccord avec les résultats obtenus dans l'étude de la fixation du brome sur les corps éthyléniques : ainsi l'introduction de radicaux méthyle au voisinage de la double liaison facilite l'addition du brome au lieu de la rendre plus difficile [1].

Nous nous sommes proposé d'étudier à ce point de vue la fixation de l'hydrogène sur les corps éthyléniques par catalyse au noir de platine.

Nous avons comparé entre eux les corps de chacun des quatre groupes suivants : 1° acides cinnamiques, α-méthyl-, β-méthyl- et αβ-diméthylcinnamiques; 2° leurs éthers méthyliques; 3° leurs éthers éthyliques; 4° les cinnamates de méthyle, d'éthyle, d'isopropyle, de cyclohexyle.

Méthode de comparaison. — Le procédé le plus simple pour comparer la facilité d'hydrogénation de deux substances A et B consiste à les hydrogéner séparément dans des conditions identiques et à noter leur vitesse d'hydrogénation.

Ce procédé présente deux inconvénients, d'ordre différent : 1° la vitesse d'hydrogénation varie grandement sous l'influence de traces de certaines impuretés qui empoisonnent le catalyseur, ces traces d'impuretés échappent à tout contrôle.

2° La réaction se fait en plusieurs phases : diffusion du corps à hydrogéner et de l'hydrogène pour atteindre le platine, catalyse proprement dite, diffusion de l'hydrure formé pour s'éloigner de la surface du platine. L'une de ces phases peut imposer son allure à la réaction globale et l'on risque alors de ne comparer que des phénomènes de diffusion [2].

Pour éviter, au moins en partie, les inconvénients précédents, nous avons opéré sur le mélange A + B en ne fixant qu'un volume d'hydrogène insuffisant pour tout saturer. Dans ces conditions, il y a partage : A fixe un volume V, B un volume V'; les nombres V et V' permettent de repérer la facilité d'hydrogénation de A et B.

Au lieu de comparer directement A et B il est préférable de comparer chacun d'eux à un corps étalon, choisi convenablement pour que l'analyse du mélange partiellement hydrogéné soit commode. Nous avons choisi comme étalon l'α-pinène.

Par raison de simplicité et de sensibilité nous avons pris une molécule de corps, une de pinène, et fixé une molécule d'hydrogène.

Le pinène employé, à la concentration de 5^g dans 100^{cm^3}, donne une rota-

---

(1) SUDBOROUGH et JHON THOMAS, *Chem. Soc.*, t. **97**, p. 2450.

(2) G. VAVON, *Comptes rendus*, t. **173**, 1921, p. 360.

tion de $\alpha_{578} = +5°30'$ sous 20^{cm}, son hydrure de $\alpha_{578} = +2°4'$. Une lecture polarimétrique à la fin de chaque expérience permet de connaître la composition du mélange, le poids de pinène hydrogéné étant, en effet, sensiblement proportionnel à la diminution de la rotation.

Voici les résultats obtenus dans une série d'expériences faites dans l'acide acétique comme solvant. Rotation initiale sous 20^{cm} : $\alpha_{578} = 5°30'$.

	Rotation finale.	Pour 100 de corps hydrogéné.
Premier groupe.		
Acide cinnamique	4°.2'	57
» β-méthylcinnamique	2.58	26
» α-méthylcinnamique	2.50	22
» αβ-diméthylcinnamique	2.44	19
Deuxième groupe.		
Cinnamate de méthyle	4.14	63
β-méthyl de méthyle	3.36	45
α-méthyl d'éthyle	2.58	26
Troisième groupe.		
Cinnamate d'éthyle	4. 4	58
β-méthyl d'éthyle	3. 8	31
α-méthyl de méthyle	2.50	22
Quatrième groupe.		
Cinnamate de méthyle	4.10	61
» d'éthyle	4	56
» d'isobutyle	3.46	50
» de cyclohexyle	3.26	40

Afin de voir la portée de telles mesures, nous avons étudié l'influence de la quantité de platine, de sa qualité, de la nature du solvant. Les nombres trouvés varient très peu en fonction du poids de platine (poids extrêmes : $0^g,25$-4^g); ils varient davantage en fonction de l'activité du platine et de la nature du solvant. Ainsi, le premier groupe a donné dans l'alcool les nombres 65, 32, 22, 18 au lieu de 57, 26, 22, 19 dans l'acide acétique. Mais dans toutes les séries de mesures faites, *le classement dans chacun des groupes s'est toujours montré constant.*

C'est précisément celui que fait prévoir la théorie de l'empêchement stérique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'acétylène sur le zinc-éthyle.* Note [1] de M. **J.-F. Durand**, présentée par M. P. Sabatier.

Certains dérivés métalliques de l'acétylène n'ont pu être obtenus par les méthodes connues jusqu'à ce jour. Tels sont les acétylures de zinc, d'aluminium, de glucinium, et de quelques autres métaux. D'une part on ne les obtient pas par l'action directe de l'acétylène sur le métal, parce que les affinités entrant en jeu sont trop faibles; d'autre part, l'action du carbone sur le métal ne les donne pas, soit que l'acétylure ne puisse exister aux températures élevées où le carbone entre volontiers en réaction (zinc), soit qu'il se forme un autre carbure plus stable (aluminium). Enfin, on ne les produit pas davantage en faisant réagir l'acétylène sur une solution métallique appropriée, comme on le fait pour le cuivre, et cela parce que, selon toutes les prévisions, ces carbures attaquent l'eau à froid. On pourrait tenter l'action du carbure de calcium sur une solution alcoolique du chlorure, par exemple, mais ce procédé ne m'a pas paru réussir, sans doute parce qu'il y a trop peu d'écart entre la chaleur de formation des sels de ces métaux et celle des sels correspondants du calcium.

Dans ces conditions, j'ai pensé à faire réagir l'acétylène sur les dérivés organométalliques simples, et j'ai d'abord appliqué cette méthode au zinc, pour obtenir la réaction

$$C^2H^2 + Zn(C^2H^5)C^2 \rightarrow C^2Zn + 2H.C^2H^5.$$

Dans un ballon relié à un bon réfrigérant ascendant et traversé par un courant d'acétylène pur et sec, j'ai introduit de la ligroïne (Éb. 132°-140°), dans laquelle barbotait le courant gazeux. Puis j'ai brisé dans le ballon une ampoule contenant 5^g de zinc-éthyle.

La réaction commence à froid et se manifeste par un trouble dans la solution. En chauffant le ballon, on voit se former un précipité jaunâtre. Une fois la réaction terminée, on sépare par filtration le précipité, que l'on essore sur une plaque poreuse. Le corps est alors tout à fait blanc.

Ce corps, traité par l'eau, réagit avec formation d'hydroxyde de zinc, et il se dégage un gaz, dans lequel l'acétylène a été caractérisé par l'action du chlorure cuivreux ammoniacal : il se produit un précipité rouge, très abondant, d'acétylure cuivreux.

Avec la potasse ou la soude en solution, la réaction est plus vive, et le liquide reste limpide (zincate alcalin).

---

[1] Séance du 3 avril 1923.

La substance s'altère à l'air humide, sans changer notablement d'aspect. Chauffée, elle passe au jaune, par suite de la formation d'oxyde de zinc.

Dans les mêmes conditions de préparation, une solution de mercure-diphényle dans le benzène n'a pas changé d'aspect sous l'action de l'acétylène.

Je me propose de continuer l'étude du produit décrit ci-dessus, et d'étendre ces recherches à l'action de l'acétylène et des carbures acétyléniques vrais, ainsi que de l'éthylène, substitué ou non, sur les dérivés organo-métalliques de la forme MR^n.

MINÉRALOGIE. — *La mendelejevite, nouveau minéral radioactif.* Note de M. **W. J. Vernadsky.**

J'ai donné le nom de mendelejevite (en l'honneur du grand savant russe D. J. Mendelejev) à un minéral trouvé il y a quelques années en Transbaïkalie par l'ingénieur K. Egoroff et M. Jakunine (¹). Je n'ai pu jusqu'à présent en donner qu'une analyse incomplète qui permet cependant d'indiquer la place de ce minéral dans la classification (²).

La mendelejevite se trouve dans des filons de pegmatite du puissant massif granitique de Transbaïkalie; on l'a reconnue dans trois de ces filons aux environs de Sludjanka (sur le lac Baïkal) dans la localité de Uluntuj. Elle est associée à de grands cristaux d'orthite (renfermant jusqu'à 3 pour 100 de ThO^2 selon K. Nenadkewitch) et se présente le plus souvent en masses cristallines sans contours nets. Cependant, en 1914, V. Silbermüntz y a rencontré des cristaux.

La mendelejevite est un uranotitanoniobate de calcium (23,5 p. 100 U^3O^8 et 15 pour 100 CaO environ) qui contient également > Pb, un peu de fer et de petites quantités de terres rares. La perte au feu ne dépasse pas 1,3 pour 100.

Les cristaux sont d'un gris noir; ils ont un éclat semi-métallique. Ce sont des rhombododécaèdres b^1(110) tronqués par de petites facettes a^1(111).

Ils sont un peu aplatis et leurs faces ne sont pas égales; elles sont ternes,

---

(¹) В. Вернадскій. Труды Радіевой экспедиціи Академіи Наукъ, I. II., 1914, p. 65.

(²) W. Vernadsky, *Bulletin de l'Académie des Sciences de Saint-Petersbourg*, 1914, p. 1367. Практическая Медицина, III. II., 1915, p. 177.

couvertes d'un mince enduit qui paraît être primaire, lié aux conditions de formation de la pegmatite, et non dû à une altération superficielle.

Les cristaux se rencontrent, isolés, dans le quartz; les masses cristallines sont dans les feldspaths.

Dans le quartz, autour des cristaux de mendelejevite, apparaissent des craquelures étoilées (et des colorations) qui me semblent caractéristiques des minéraux radioactifs et sont dus à l'action très prolongée des effluves d'énergie (¹).

Le plus grand cristal trouvé a un diamètre de $1^{cm},3$. Les masses cristallines dépassent 20^{cm}. La poussière du minéral est brun rougeâtre clair. Sa dureté est de 4,5. Son poids spécifique, déterminé par Mme I. Starynkewitch-Bornemann est de 4,758 pour les cristaux (trois échantillons ont donné des densités variant de 4,766 à 4,75) et à 4,464 pour les masses cristallines (trois échantillons ont donné des densités variant de 4,440 à 4,508).

Ces données sont suffisantes pour considérer la mendelejevite comme appartenant au groupe de la *betafite* (²). Mais la betafite est beaucoup plus riche en eau; sa couleur est jaune verdâtre, sa poussière gris verdâtre. La croûte superficielle d'altération est toujours très nette dans la bétafite, mais toute la masse du cristal est altérée. Cependant c'est une altération phréatique, non liée aux processus chimiques de la biosphère. Nous ne connaissons jusqu'ici aucun minéral niobique (ou tantalique) formé dans la partie superficielle de l'écorce terrestre et les niobates et tantalates non altérés (³) sont très stables dans la biosphère.

Les couleurs jaune et verte de la betafite indiquent l'existence d'uranyle (UO^2) ou UO^3 dans sa structure; la couleur brun rougeâtre de la mendelejevite, l'existence d'anhydride UO^2 ou de ses anhydrides complexes.

MÉTÉOROLOGIE. — *Éléments d'une synthèse des méthodes de prévision française et norvégienne.* Note (⁴) de MM. **Ph. Schereschewsky** et **Ph. Wehrlé**, présentée par M. R. Bourgeois.

I. Les deux méthodes. — En Norvège, comme en France, les météorologistes ont abouti à des concepts à peu près équivalents de « système nua-

(¹) W. Vernadsky, *loc. cit.*, 1914, p. 42.

(²) A. Lacroix, *Minéralogie de Madagascar*, t. 1, 1922, p. 378.

(³) Je veux parler de l'altération primaire, dans des couches profondes, comme celle de la bétafite.

(⁴) Séance du 3 avril 1923.

geux » (¹) et la prévision du temps consiste à déterminer indirectement l'état futur de ces systèmes en leur substituant des individus liés à eux, mais se prêtant à une étude plus commode : en Norvège, le « front »; en France, le noyau de variations de pression.

Les fronts. — *a. Position.* — En dehors de toute théorie relative à sa structure, le front est un concept qui s'impose dans l'analyse pratique des cartes synoptiques pour un ensemble d'éléments : vent, température, humidité, variation de pression.

b. Propagation. — L'évaluation actuelle semble surtout basée (²) sur le « vent du gradient » dans les secteurs chauds et sur « l'âge » des cyclones.

Les noyaux de variation de pression. — *a. Position.* — La méthode des variations utilise toute une gamme d'intervalles (3, 6, 12, 24 et même 48 heures). Un même noyau, suivant l'intervalle de variation employé, occupe des positions différentes.

b. Propagation. — Dans un délai de 12 à 24 heures elle peut être déterminée avec précision en se basant sur les décalages respectifs des positions d'un même noyau suivant l'intervalle employé.

Comparaison. — *a.* La méthode norvégienne précise mieux que la méthode française l'élément de substitution au système nuageux. En effet quand on parle de baisse il faudrait préciser l'intervalle de variation. Souvent la coïncidence du corps du système nuageux est bonne avec les tendances négatives; mais il n'est pas rare que le corps soit « en retard » sur le noyau de tendances (il n'est jamais en avance).

b. Par contre, la méthode norvégienne, pour évaluer la propagation, semble insuffisamment quantitative, tandis que la méthode française permet de *construire*, au moins 12 heures avant, le futur domaine de baisse dans un intervalle déterminé.

II. Synthèse. — *a. Cas du front double* (occluded cyclone). — En ce cas, si fréquent aux latitudes moyennes, la discontinuité véritable se trouve rejetée en altitude. Toutefois elle est décelée par la pression, celle-ci étant influencée par l'état de l'atmosphère non seulement au sol, mais encore en altitude : le front double, surmonté d'air « équatorial » léger, correspond à

(¹) Les Norvégiens ont mis en évidence le *secteur chaud* central. Les Français, la *marge* latérale; ces détails, qui se complètent, sont affaire de latitude : la Norvège étant balayée généralement par la région centrale des perturbations, la France par leurs bords.

(²) J. Bjerkness et H. Solberg, *Life Cycle of Cyclones* (*Geophysike Publikations*, 1922).

un thalweg isobarique les deux « langues d'air polaire » qui l'enserrent constituant deux anticyclones mobiles ([1]). En langage dynamique : *le front double coïncide avec la ligne de variation instantanée (en pratique, de tendance) nulle entre la baisse à l'avant et la hausse à l'arrière.*

Considérons non plus un front double isolé, mais une « famille » de fronts doubles, c'est-à-dire un régime ([2]) de noyaux de variations, et appliquons la notion de phase ([3]). Les *fronts doubles*-thalwegs isobariques, lignes de variations instantanée nulle, *sont aussi par conséquent* ([4]) *les lignes de maxima de variation négative dans l'intervalle égal à la demi-période*. Le résultat est intéressant, car, en prévision, le placement du maxima de variation est plus précis que celui des variations nulles.

b. Cas du secteur chaud. — Il représente une zone de variation instantanée faiblement en baisse, entre la baisse forte d'arrière de la langue polaire antérieure et la hausse d'avant de la langue polaire postérieure. Le front froid se trouve encore sur la ligne de variation instantanée nulle entre la baisse à l'avant et la hausse à l'arrière, mais le front chaud se trouve en pleine baisse, à la limite arrière de la zone de baisse instantanée maxima. Donc *dans le cas de secteur chaud, le corps du système nuageux* qui est situé au contact et *à l'avant* du front chaud *coïncide avec le noyau de tendances négatives*, en avance sur le noyau de variations négatives dans tout intervalle supérieur. C'est l'explication du fait suivant que nous avions empiriquement remarqué : *les corps de systèmes nuageux vigoureux (cyclones à secteur chaud) coïncident avec les noyaux de tendances négatives; les systèmes affaiblis (fronts doubles), corps et traînes soudés, sont en retard sur les tendances.* Si donc le corps nuageux apparaît avec les tendances négatives et surtout si le front nuageux ([5]) les devance dans la hausse, un mauvais temps violent est probable.

([1]) Cette topographie isobarique typique montre bien qu'en l'absence de secteur chaud au sol une dissociation radicale s'impose entre le concept de ligne de discontinuité (ou de noyau de variations) et celui de dépression. A nos latitudes, en particulier, l'individu isobarique le plus intéressant n'est pas la dépression mais la « langue polaire ».

([2]) Vehrle, *Sur la notion de période dans l'étude des noyaux de variations de pressions* (*Comptes rendus*, t. 172, 1921.

([3]) Ph. Wehrle et R. Cordebas, *Ibid.*

([4]) Ph. Wehrle et R. Cordebas, *Ibid.*

([5]) Cf. Ph. Schereschewsky et Ph. Wehrle, *Sur la signification des cirrus dans la prévision du temps Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 314).

III. CONCLUSION. — La méthode des fronts et la méthode des variations ne s'opposent pas, elles se complètent. Les idées norvégiennes *a* permettent de préciser la liaison des systèmes nuageux et des noyaux de variation *b*, éclairent l'évolution des perturbations; elles sont précieuses notamment pour surveiller les régénérations du front polaire dans le Sud, liées aux « Séclusions » (¹) septentrionales et si importantes en Méditerranée.

Par contre la méthode des variations *a* fournit un outil de calcul simple et précis pour déterminer, 12 à 24 heures à l'avance, la position et l'état des discontinuités (surtout aux latitudes moyennes où l'effacement fréquent des discontinuités rend plus délicat l'emploi de la méthode norvégienne), *b* permet de délimiter latéralement les corps nuageux (notion de marge), opération essentielle en France, et que la méthode norvégienne laisse dans l'ombre puisque, en principe, un front froid principal se raccorde au front chaud suivant.

BOTANIQUE. — *Sur l'ontogénèse du* Volvox aureus *Ehr.* Note (²) de M. **Ch. Janet**, transmise par M. L. Mangin.

Les premiers stades du développement du *Volvox* ont été seuls décrits jusqu'ici. Cela vient des grandes difficultés que l'on rencontre lorsqu'on veut suivre ce développement jusqu'à son terme final, difficultés provenant de la petitesse des cellules, de leur bombement, qui masque plus ou moins leur agencement ontogénétique, des irrégularités qui troublent, assez souvent, les rapports normaux.

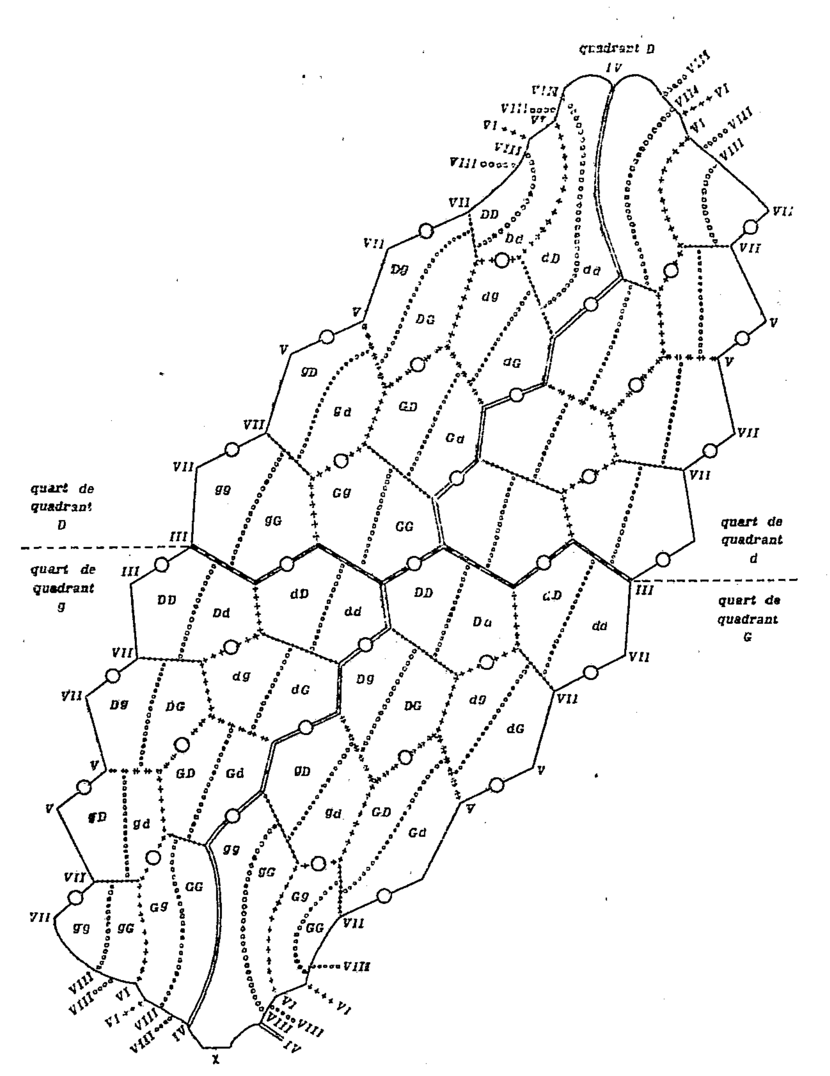
Les conclusions d'une étude des 10 stades qui conduisent le développement du *Volvox aureus* jusqu'à son état final, état qui comporte ordinairement 1024 cellules, sont les suivantes :

1° L'arrangement tétradique des cellules se conserve pendant toute la durée et jusqu'à la fin de l'ontogénèse. Les bipartitions de rang pair donnent des tétrades de cellules. Les bipartitions de rang impair donnent des tétrades de dyades.

2° Chacune des facettes d'une cellule est déterminée par la tension d'une liaison protoplasmique ou plasmodesme.

(¹) La « séclusion » est l'état d'un cyclone dont le secteur chaud se trouve coupé — au sol — de la masse de l'air équatorial.

(²) Séance du 26 mars 1923.



Cette figure représente, étalée sur un plan, le quart (quadrant) de la surface d'un *Volvox* en cours de développement.

Le quadrant est limité à droite et à gauche par les traces de bipartitions I et II. La figure indique, par des traits conventionnels, numérotés de III à VII, les cinq bipartitions successives qui conduisent du stade de 4 cellules au stade de 128 cellules, ces dernières étant représentées après qu'elles ont pris leurs formes et leurs positions d'équilibre.

Sur chaque cellule, se trouve indiquée la situation initiale de la bipartition VIII qui va conduire au stade de 256 cellules. Chacune de ces 256 cellules possède une dénomination ontogénétique; définie, composée de quatre lettres qui sont les deux lettres inscrites sur les cellules, ces lettres devant être précédées de la lettre indicatrice du quart de quadrant, précédée elle-même de la lettre indicatrice du quadrant auquel appartient la cellule considérée.

3° Lors de chaque bipartition il y a :

a. Apparition de plasmodesmes nouveaux;

b. Conservation définitive de certains plasmodesmes préexistants, qui se retrouveront, non multipliés, au stade final de l'ontogénèse;

c. Conservation momentanée de certains plasmodesmes préexistants, qui seront multipliés par les bipartitions ultérieures;

d. Multiplication immédiate des autres plasmodesmes préexistants.

4° Les plasmodesmes nouveaux sont des liens protoplasmiques résiduels, c'est-à-dire résultant de l'inachèvement des scissures dans la division du cytoplasme.

5° La multiplication des plasmodesmes et, par conséquent, la multiplication connexe des facettes, résulte de ce que chaque bipartition :

a. Divise, en trois, les plasmodesmes de deux facettes opposées de chaque cellule;

b. Plie, en trois facettes nouvelles, chacune des deux facettes opposées dont il vient d'être question.

6° Chaque tripartition d'un plasmodesme donne un plasmodesme moyen, intercalé entre deux autres. Ceux-ci sont destinés à être tripartis lors des divisions cellulaires ultérieures, tandis que le plasmodesme moyen est définitif, c'est-à-dire se retrouvera, non multiplié, au stade final de l'ontogénèse.

7° La facette correspondant à un plasmodesme définitif est une facette définitive, c'est-à-dire une facette qui se retrouvera, elle aussi, sans être multipliée, au stade final de l'ontogénèse. Ces facettes définitives sont indiquées sur la figure par des petits cercles.

BOTANIQUE APPLIQUÉE. — *Variations des parfums sous l'influence du greffage.* Note de M. **Lucien Daniel**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Au cours de mes recherches sur la greffe, j'ai opéré sur des plantes qui sécrètent des produits odorants de nature variée, dont les uns sont particuliers aux espèces et utilisés à des titres divers dans l'industrie. J'ai constaté qu'en greffant entre eux des végétaux dont les parfums sont différents ou encore des plantes odorantes sur d'autres qui n'ont pas d'odeur, les produits essentiels fournis par les épibiotes varient suivant les hypobiotes employés et sont, dans certains cas, modifiés en quantité et en qualité. Parmi les exemples les plus caractéristiques de ce genre d'influences, on peut citer la

Vigne française greffée sur quelques Vignes américaines ou hybrides (¹), le *Chenopodium vulvaria* placé sur le *Chenopodium album*, les *Tanacetum* et les *Artemisia* greffés sur le *Chrysanthemum frutescens* ou Pâquerette arborescente (²).

Depuis plusieurs années, j'ai repris spécialement, au point de vue des variations du goût et du parfum, l'étude de ces dernières greffes qui offrent un intérêt industriel et médicinal. Comme à l'ordinaire, j'ai constaté que la Pâquerette arborescente, jouant le rôle d'hypobiote, augmente de rusticité et que les parties annuelles de Tanaisie et d'Absinthe prises pour épibiotes deviennent vivaces pendant que leurs feuilles diminuent de taille, se frisent fortement et changent plus ou moins de couleur. A ces modifications morphologiques, sensibles dès la première année de greffe et qui vont en s'accentuant avec l'âge, correspondent des variations de saveur et de parfum qui sont sensibles au goût et à l'odorat. Ces changements organoleptiques m'ont paru aussi s'accentuer avec l'âge des greffes, parallèlement aux modifications de la feuille; elles sont plus ou moins accentuées suivant les exemplaires, dans une même série de greffes et suivant les hypobiotes quand il s'agit de greffes sur espèces différentes. Elles se retrouvent chez les essences extraites par distillation, essences dont je me propose d'étudier la nature dès que j'aurai des quantités suffisantes de produits.

Un épibiote d'*Artemisis Absinthium*, âgé de 3 ans, dont les feuilles étaient très fines et très frisées, donna des graines qui germèrent il y a quatre ans. Un des jeunes semis, qui rappelait nettement le type modifié par la greffe, fut conservé et donna des graines à son tour. Celles-ci ont fourni de jeunes plantes d'aspect très varié dont les unes se rapprochent de l'Absinthe normale et les autres de l'Absinthe frisée et modifiée par la greffe. Entre les deux formes extrêmes, il y a tous les passages.

Ce qu'il y a de plus remarquable, c'est que chaque exemplaire possède une odeur et une saveur plus ou moins différentes. Sous ce rapport, quelques pieds à feuilles frisées présentent un goût et un parfum plus agréables que l'Absinthe non greffée; d'autres, qui se rapprochent de celle-ci par les caractères du feuillage, sentent mauvais à la longue et leur goût est plus fade. Ces résultats montrent que, chez l'Absinthe comme

(¹) Lucien Daniel, *Influence du greffage sur l'odeur des fleurs de la Vigne*, Rennes, 1904.

(²) Lucien Daniel, *Nouvelles recherches sur les greffes herbacées* (*Revue bretonne de Botanique*, 1912-1913).

chez beaucoup d'autres espèces[1], la symbiose influence à la fois les exemplaires greffés et leur descendance et qu'il y a, comme d'ailleurs dans l'immense majorité des plantes greffées, des *greffages améliorants* et des *greffages détériorants*.

Au point de vue de l'industrie des parfums, il y a d'intéressantes recherches théoriques et pratiques à faire dans cette voie essentiellement nouvelle.

PHYSIOLOGIE. — *Sur les larmes et les fonctions de la glande lacrymale.* Note de M. **Raphael Dubois**, présentée par M. Henneguy.

On admet généralement que la glande lacrymale a pour unique fonction de sécréter des larmes destinées à lubrifier la conjonctive et la cornée et à empêcher leur desséchement ainsi que celui de la muqueuse nasale.

Cette opinion semblait confirmée par l'absence de glande lacrymale chez les Poissons et son atrophie chez les Cétacés, chez l'Hippopotame et la Loutre. Cependant, il existe des animaux à habitat aquatique, comme les Tortues marines, qui sont pourvues de très volumineuses glandes lacrymales, tandis que les Amphibiens à habitat alternativement aérien et aquatique, particulièrement chez les Anoures et les Urodèles, en sont dépourvus. Certains Reptiles, à vie aérienne, ont les paupières transparentes soudées au globe oculaire. Il est, en outre, bien établi que l'enfant crie, mais ne pleure pas avant le milieu ou la fin du second mois, son appareil lacrymal n'étant pas développé. Le rôle des glandes lacrymales ne paraît donc pas aussi simple qu'on le dit. L'expérimentation est venue confirmer ce que l'anatomie comparée faisait pressentir.

En étudiant l'action des phénylènes diamines [2], dont la constitution chimique se rapproche beaucoup de celle des leucomaïnes, nous avons constaté que la paraphénylène diamine, en s'accumulant dans la glande lacrymale, provoquait le larmoiement comme les toxines de certaines maladies infectieuses et qu'elle s'y décomposait en colorant fortement en noir les acini glandulaires. Nous en avions tiré cette conclusion que le foie n'est pas le seul organe pouvant détruire les poisons.

---

(1) Lucien Daniel, *Influence du sujet sur la postérité du greffon*, Le Mans, 1895.

(2) R. Dubois et L. Vignon, *Étude préliminaire de l'action physiologique de la para- et de la métaphénylène diamine* (*Comptes rendus*, t. 107, 1888, p. 533) et *Archives de physiologie normale et pathologique*, n° 7, p. 255-260, Paris, 1888.

La glande lacrymale paraît être aussi un organe d'excrétion des produits pathologiques, car, dans des cas d'ictère grave, on a vu les larmes tacher le linge fortement en jaune. C'est enfin à l'excrétion d'une enzyme que, d'après Lindahl, devrait être attribué le pouvoir bactéricide, antiseptique des larmes.

Nous avions émis l'opinion que la paraphénylène diamine était détruite dans la glande lacrymale par une oxydase. J'ai cherché à m'assurer de l'exactitude de cette hypothèse en broyant en présence de l'alcool à 96° quatre glandes de Vaches qui venaient d'être sacrifiées et en laissant macérer la pulpe glandulaire dans l'alcool pendant 48 heures. Le magma séparé de l'alcool a été mis à macérer dans l'eau chloroformée pendant 48 heures et le macératum aqueux filtré a été reçu dans un excès d'alcool à 96°, où il s'est formé un précipité. Celui-ci isolé et séché à froid a présenté tous les caractères d'une enzyme décomposant énergiquement l'eau oxygénée. Mais, contrairement à notre attente, ce n'était ni une oxydase, ni une peroxydase, mais une diastase hydratante saccharifiant l'amidon cuit comme la ptyaline, à laquelle je donne le nom de *lacrymase*, pour rappeler son origine. Ceci ne prouve pas que le ferment oxydant n'existe pas, mais seulement l'impossibilité de le séparer par le procédé employé. Il est possible que la lacrymase soit de la ptyaline, car on sait que chez certains Mammifères, la glande lacrymale se continue avec la parotide et chez certains Serpents avec la glande salivaire qui sécrète le venin. Mais la lacrymase introduite en injection sous la peau d'un Cobaye n'a déterminé aucun phénomène apparent. Il n'en a pas été de même avec le macératum alcoolique évaporé au bain-marie et repris par l'eau. Quelques instants après l'injection, on a vu se produire des cillements, des clignottements spasmodiques des paupières, des contractions cloniques des lèvres supérieures et des muscles élévateurs du nez : vers la fin de l'observation, on a noté un très léger larmoiement. Rien de semblable ne s'est montré après l'injection de l'extrait aqueux du résidu glandulaire ayant macéré dans l'eau chloroformée, ni avec l'extrait alcoolique de glandes salivaires sous-maxillaires des mêmes Vaches traitées comme les glandes lacrymales.

Pendant toute la durée de l'expérience, l'animal est resté parfaitement immobile et, sauf ceux de la respiration, aucun autre mouvement que ceux des muscles respiratoires n'a été vu. Or, ces derniers sont les *muscles du pleurer* et sont innervés par des branches du facial qui est, en même temps, un des nerfs de la sécrétion lacrymale. Il semble donc que dans la glande lacrymale il puisse se former ou s'accumuler, pour y être détruit ou en être

sécrété, un produit capable d'exciter les mouvements de physionomie qui accompagnent l'émission des larmes. Les pleurs seraient alors le résultat d'une auto-intoxication pouvant avoir son origine dans une secousse violente des centres psychiques, de même que la frayeur peut produire la forme d'ictère appelée communément « jaunisse ». Le déclenchement des pleurs et des jeux de physionomie qui les accompagne ne serait pas le résultat d'une action plus ou moins directe ou réflexe des centres psychiques, mais bien l'effet d'un agent toxique agissant sur le nerf facial et susceptible d'être isolé. Ce principe excitant des jeux de physionomie, et peut-être paralysant à haute dose, comme serait le vin ou l'alcool, je l'appellerai provisoirement *lacrymaline*. La présence de la lacrymaline est-elle constante, sa quantité et ses qualités sont-elles variables suivant les conditions du déterminisme? C'est sans doute ce que nous diront nos expériences subséquentes. On sait, en effet, qu'il y a larmes et larmes : l'excitation du nerf sympathique provoque des larmes troubles et celle du nerf trijumeau des larmes limpides. Les larmes qui coulent normalement sont-elles différentes de celles qui éclatent accidentellement? probablement; en tout cas, on sait que dans certaines maladies, comme la tuberculose, elles peuvent d'alcalines devenir acides; qu'il y a des « larmes brûlantes » irritantes et des « larmes douces », etc. Peut-être la lacrymaline est-elle le toxique qui engendre le chagrin que l'excrétion des larmes soulage? Il ne faudrait pas alors désespérer de trouver un antidote du chagrin plus efficace que ce gaz hilarant de Davy ou que les anesthésiques et les stupéfiants.

PHYSIOLOGIE. — *Production du scorbut chez le Cobaye et le Lapin jeune au moyen d'un nouveau régime, complet et biochimiquement équilibré, uniquement dépourvu de facteur* C. Note (¹) de M. **Lopez-Lomba** et Mme **Randoin**, présentée par M. Henneguy.

Plusieurs types de régimes ont été employés jusqu'à ce jour pour étudier, chez le Cobaye, l'avitaminose C. Mais les auteurs ne semblent pas avoir accordé une attention suffisante à la réalisation de régimes complets, c'est-à-dire de rations contenant, sauf le facteur étudié, tous les éléments indispensables en proportions convenables.

Les graines de céréales (avoine, orge) employées par plusieurs expéri-

(¹) Séance du 26 mars 1923.

mentateurs ne renferment pas certains acides aminés, ni certains éléments minéraux en quantités suffisantes, notamment Cl, Na, Ca (Mc Collum, Osborne et Mendel); de plus, elles sont peu riches en facteur A et le Cobaye est précisément un animal très sensible au manque de cette vitamine (Tozer, Hume, Boock et Trévan, etc.). Le son de blé ou le foin ne complètent pas suffisamment le régime à base d'avoine (Chick et Hume); on doit, pour obtenir un résultat satisfaisant, ajouter encore une forte dose de lait [privé de C par chauffage (60 à 80^{cm^3})], ce qui présente alors de réels inconvénients, notamment constipation de l'animal.

La farine de soja, choisie par quelques auteurs américains comme base du régime, est, en France, rare et assez coûteuse, et elle renferme des hydrates de carbone en quantité relativement faible (24 pour 100) par rapport aux protéiques qu'elle contient au contraire en excès (54 pour 100).

Nous avons utilisé une autre graine de Légumineuses, le *haricot vulgaire*, qui forme la base de notre régime, ainsi que l'indique la formule à laquelle nous nous sommes arrêtés :

Farine de haricots blancs	84^{gr}
Levure de bière granulée	3
Graisse de beurre	4,5
Lactate de chaux	5
Chlorure de sodium	1,5
Papier filtre	2

Mc Collum, Simmonds et Pitz (1917), après avoir étudié sur le Rat la valeur alimentaire du haricot, sont arrivés à la conclusion que l'usage de cette graine détermine, par suite de fermentations intestinales dues aux hydrates de carbone indigestes, une distension abdominale. Nous n'avons observé rien de semblable, ce qui peut s'expliquer déjà par le fait que, au lieu d'employer, comme les auteurs, des graines crues, nous avons eu soin de faire cuire pendant une heure notre farine de haricots (farine commerciale de bonne qualité) avec la quantité minima d'eau. Qu'il nous suffise de citer les expériences d'Osborne et Mendel (1917) qui prouvent nettement l'influence de la cuisson sur l'utilisation de la farine de soja.

Notre régime, très enrichi en eau après cuisson de la farine, se rapproche beaucoup, par sa composition, de la nourriture habituelle des petits herbivores. Nous avons vérifié pendant plusieurs mois qu'un mélange à parties égales de choux, carottes, pommes de terre et son, assurait à des Cobayes et à des Lapins une croissance normale. Un tel mélange renferme, pour 100^{g}

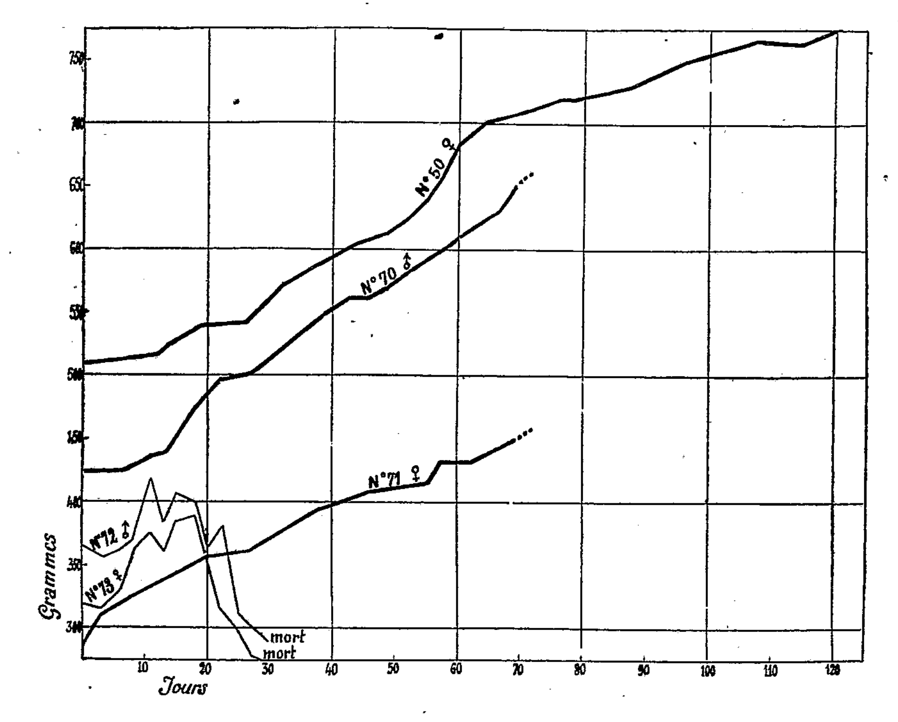
de substance fraîche, environ : 70^g d'eau, $5^g,5$ de protéiques, $1^g,3$ de graisses, $19^g,5$ d'hydr. de C et $1^g,5$ de cendres.

La farine de haricots que nous employons renferme, pour 100^g : $6^g,4$ d'eau, $20^g,9$ de protéiques, $1^g,6$ de graisses, $63^g,6$ d'hydr. de C et $3^g,4$ de cendres. Mais, après cuisson, sa composition centésimale devient la suivante : $66^g,5$ à $68^g,5$ d'eau, $6^g,6$ de protéiques, $0^g,5$ de graisses, $20^g,2$ d'hydr. de C et $1^g,1$ de cendres. On voit qu'à part les graisses, et aussi les sels, les proportions sont assez voisines de celles qui existent dans le régime : légumes frais + son.

La farine de haricots est dépourvue de facteur C, très riche en B (Mc Collum) et assez pauvre en A. Riche en protéiques, elle ne contient cependant que des traces de tryptophane. Abondamment pourvue de sels minéraux, de certains infiniment petits chimiques : Fe, As, B, Fl (Gabriel Bertrand), elle est peu riche en Na, très pauvre en Cl et le rapport $\frac{Ca}{P}$, égal à $\frac{0,16}{0,47}$, soit $\frac{1}{3}$ environ, est loin d'être favorable à la croissance. Nous avons donc ajouté, comme source de facteur A, de la graisse de beurre, qui enrichit en même temps le mélange en matières grasses. Quant à la levure de bière, nous l'avons introduite, non pas comme source de facteur B, mais parce qu'elle renferme les protéiques (cérévisine et zymocaséine) les plus riches en tryptophane (P. Thomas). Cette dernière substance exceptée, le haricot renferme tous les acides aminés nécessaires. Nous rappellerons que trois globulines furent isolées du *Phaseolus vulgaris* : la phaséoline, la phaséline et, tout récemment, la conphaséoline (Waterman, Johns et Jones, févr. 1923), la dernière extrêmement riche en lysine (10,69 pour 100). En même temps qu'une petite dose de NaCl, nous avons incorporé à notre régime une assez forte proportion de lactate de chaux, de manière à rapprocher le plus possible le rapport $\frac{Ca}{P}$ de la valeur $\frac{3}{2}$, particulièrement favorable à la croissance (Mc Collum, Simmonds, Shipley, Park, 1922). La bouillie épaisse et homogène que nous obtenons finalement renferme, pour 100^g : 68^g à 70^g d'eau, $6^g,1$ de protéiques, $1^g,75$ de graisses, $17^g,4$ d'hydr. de C et environ $2^g,5$ de cendres, ce qui représente une valeur énergétique de 104 *calories réellement utilisables*, soit, en chiffres ronds, 100 calories (1 calorie pour 1^g de ration).

Nous pouvons donc considérer que ce régime est complet, sauf en ce qui concerne le facteur C. Il a, de plus, l'avantage d'être relativement facile à

préparer. Depuis 8 mois que nous l'employons, l'expérience a prouvé sa valeur.



Les animaux qui ont reçu chaque jour cette ration, avec 3$^{cm^3}$ de jus de citron (facteur C), ont eu une croissance normale (*Cobayes* n°s 50, 70, 71). Tous les autres sans exception (*Cobayes* n°s 72, 73, par exemple), après une croissance rapide et très courte, ont présenté les signes caractéristiques du scorbut, signes que nous avons vérifiés et étudiés à l'autopsie.

PHYSIOLOGIE. — *Passage dans le lait des vitamines C introduites par voie parentérale.* Note [1] de MM. E. **Lesné**, **Christou** et **Vaglianos**, présentée par M. Charles Richet.

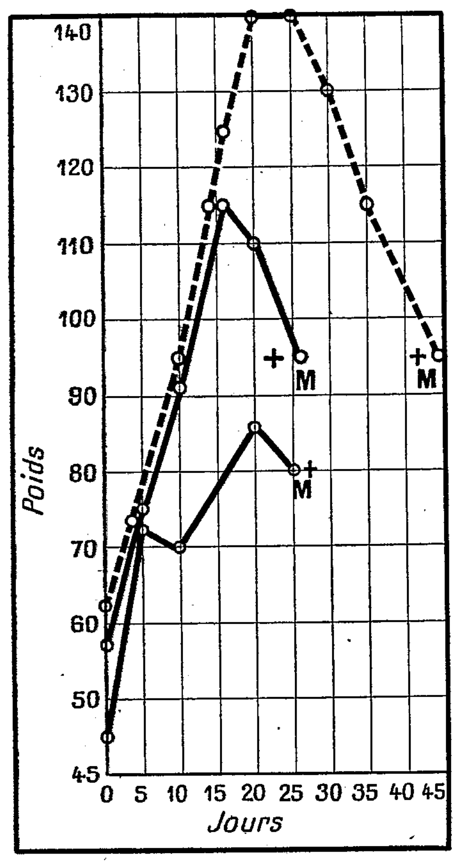
Le lait, aliment vivant, renferme des ferments et des vitamines qui sont détruits par la stérilisation. La présence des vitamines C est facile à démon-

---

[1] Séance du 12 mars 1923.

trer en expérimentant sur le cobaye : le lait cru est antiscorbutique, tandis que le lait stérilisé est scorbutigène.

Les vitamines C passent dans le lait d'une femelle laitière, que la voie d'introduction soit entérale ou parentérale.



Courbe moyenne du poids du six jeunes cobayes. Chaque courbe se rapporte à deux cobayes. M indique le jour moyen de la mort.

——— Deux groupes de cobayes, de deux portées différentes, allaités par une femelle recevant des injections de vitamine C, et soumise à un régime avitaminé.

-------- Cobayes allaités successivement par deux femelles dans les mêmes conditions d'expérience. Chez ceux-là la vie est prolongée.

On voit que pendant les 15 premiers jours environ la croissance est régulière, les vitamines étant fournies dans le lait; mais au delà de ce temps, les cobayes en régime sans vitamines, et n'ayant plus le lait de leur nourricc, dépérissent et meurent.

Une femelle de cobaye pleine mise au régime avitaminé reçoit chaque jour une injection sous-cutanée de 3^{cm^3} de jus d'orange; quinze jours après elle met bas trois petits de poids normal; à partir de ce moment les injections sont pratiquées dans le péritoine. Le dix-huitième jour, alors que la sécrétion lactée est sur le point de

disparaître et que les jeunes cobayes commençaient à présenter du gonflement et des douleurs des membres postérieurs, l'un deux est soumis à un nouvel allaitement par une autre femelle qui était au début de sa lactation et recevait un régime scorbutigène avec injections sous-cutanées de vitamines C.

Les deux petits allaités par leur mère et nourris simultanément avec des aliments stérilisés moururent le 25ᵉ jour de scorbut aigu typique. L'autre, au contraire, soumis à un second allaitement avec alimentation carencée, mourut de scorbut seulement le 44ᵉ jour.

Cette même expérience fut répétée sur trois autres jeunes cobayes et donna les mêmes résultats.

Si la survie n'a pas dépassé 44 jours, c'est qu'au bout de 44 jours, le jeune cobaye n'a plus trouvé de lait, ni le complément de vitamines C indispensables à la vie puisqu'il était soumis à un régime avitaminé. Ces expériences démontrent nettement que les vitamines C sont nécessaires au nouveau-né; il les trouve dans le lait, et meurt de scorbut si le lait n'en contient pas; ces vitamines du lait, les femelles soumises au régime carencé en peuvent donner au nourrisson si on les injecte à la mère par voie parentérale.

Ces faits comportent une déduction pratique importante : le régime des nourrices doit comprendre des aliments crus, en particulier des fruits, oranges et citrons, riches en vitamines C. Si, pour une raison quelconque, la nourrice n'en peut pas prendre, les jus de fruits crus doivent être donnés au nourrisson; *a fortiori*, seront-ils un complément indispensable et précoce dans l'allaitement artificiel afin d'éviter l'apparition de l'anémie et du scorbut.

PHYSIOLOGIE. — *Les contractions rythmiques des Vorticelles.* Note de M. E. Fernandez Galiano, présentée par M. F. Mesnil.

En dehors de quelques données éparses dans des publications relativement anciennes, nous trouvons des analyses circonstanciées des réactions des Vorticelles vis-à-vis des excitants extérieurs dans des travaux de Hodge et Aikins (¹), de Jennings (²) et de Rœssle (³). Plus tard, Lapicque et Fauré-Frémiet (⁴) publièrent une Note sur l'excitabilité électrique de la

(¹) C.-F. Hodge and H.-A. Aikins, *Amer. Journ. of Psychology*, t. 6, 1895.
(²) H.-S. Jennings, *Amer. Journ. of Physiology*, t. 8, 1902.
(³) E. Rœssle, *Zeitschr. f. allgem. Physiologie*, t. 2, 1902.
(⁴) L. Lapicque et Fauré-Frémiet, *Comptes rendus de la Société de Biologie*, t. 74, 1913.

Vorticelle, et, plus récemment, Danisch ([1]) étudia, dans un Mémoire détaillé, les réactions de *Vorticella nebulifera* pour plusieurs excitants mécaniques et physiques. J'ai voulu multiplier les données fournies par ces auteurs par rapport à *Vorticella* et j'ai étudié les contractions rythmiques, c'est-à-dire, à des intervalles courts et plus ou moins réguliers, chez les Vorticelles soumises à l'influence de certains excitants mécaniques.

J'ai obtenu ces contractions en me servant d'excitants mécaniques variés (manipulations nécessaires pour monter la préparation sous le microscope; nombreux coups discrètement énergiques frappés sur le porte-objet; courants liquides dans le milieu où vivent les Infusoires). Par l'influence d'un quelconque de ces facteurs mécaniques, les animaux, qui demeuraient en repos parfait, se contractent rythmiquement et continuent à se contracter quand même le stimulant initial a cessé depuis longtemps d'agir, c'est-à-dire que la première contraction d'une série rythmique est provoquée par un agent mécanique extérieur, tandis que les autres peuvent être regardées comme spontanées, dans le sens ordinaire du mot.

La durée de la série de contractions et les intervalles entre les contractions successives ne sont pas toujours les mêmes pour tous les individus. Le seul trait général à tous ces individus, c'est leur faculté de se contracter rythmiquement, immédiatement après les excitations mécaniques d'intensité et de durée *ad hoc*.

Voyons maintenant le développement d'une série de contractions rythmiques en observant une Vorticelle qui se contracte aussitôt après le montage de la préparation. L'individu, en se contractant, demeure le pédoncule tordu en tire-bouchon et la tête tout à fait fermée : cette contraction est immédiatement suivie de l'allongement du pédoncule; mais la tête est toujours contractée, fermée, et ses cils complètement immobiles. A des intervalles de quelques secondes, ces faits se répètent plusieurs fois jusqu'à un moment donné où, après allongement du pédoncule, les cils pharyngiens commencent à vibrer faiblement et lentement, tandis que la tête commence à s'entr'ouvrir. Désormais, à chaque allongement du pédoncule, correspond un mouvement d'expansion progressive de la tête et une augmentation du nombre des cils en vibration jusqu'à ce que la tête soit tout à fait béante et les cils tous en vibration, c'est-à-dire que la Vorticelle revienne à son état normal.

([1]) F. Danisch, *Zeitschr. f. allgem. Physiologie*, t. 19, 1921.

Désignons par les lettres *a*, *b*, *c*, *d*, ..., *z* les phases successives de l'expansion de la tête et le nombre de cils en vibration, tandis que le pédoncule est étiré, en appelant *a* la phase de fermeture complète de la tête et de parfaite immobilité des cils, et *z* la phase béante, avec vibration générale des cils. Si nous observons alors les effets de la contraction d'une Vorticelle lorsqu'on frappe légèrement sur le porte-objet, ou bien lorsque la Vorticelle se trouve choquée par un autre infusoire, etc., nous pourrons constater que la tête, complètement fermée lors de la torsion du pédoncule, s'ouvre petit à petit jusqu'à devenir complètement béante, tandis que les cils, alors en repos parfait, commencent leur vibration, les pharyngiens d'abord et le reste après, étant tous en vibration quand la tête est tout à fait ouverte. C'est-à-dire que la tête présente, dans l'espace de quelques secondes, toutes les phases de l'expansion, depuis *a* jusqu'à *z*.

Quand la contraction appartient à une série rythmique, l'expansion de la tête a lieu de la même façon, mais sans attendre sa complète ouverture, puisque l'animal se contracte encore avant d'arriver à la phase *z* et la tête revient donc à la phase *a*. Chaque contraction de la série rythmique a lieu lorsque la tête parvient à présenter le même degré d'expansion atteint après la contraction antérieure ou bien un degré plus avancé : c'est-à-dire que si une Vorticelle, après s'être contractée une première fois, répète 25 fois ses contractions avant d'atteindre son plus haut degré d'ouverture, sa tête présentera la phase *b* après la première contraction, la phase *c* après la deuxième, *d* après la troisième, jusqu'à son suprême degré d'ouverture (phase *z*). Il résulte donc que la complète expansion de la tête a lieu, dans une série rythmique, par des bâillements progressifs, tandis que l'expansion complète provenant d'une contraction isolée a lieu tout d'un coup [1].

Bien souvent le développement d'une série rythmique n'est pas sans quelques mouvements régressifs dans l'expansion de la tête. En effet, on observe parfois qu'un individu commence une série de contractions rythmiques de la façon que nous venons de décrire, c'est-à-dire que sa tête arrive à la phase *b* d'expansion après la première contraction, qu'elle arrive à la phase *c* après la deuxième, etc. ; mais, au lieu de continuer ainsi jusqu'à l'expansion complète de la tête, il est un moment où celle-ci, après une contraction n'importe laquelle, ne s'ouvre pas suffisamment pour arriver à

---

[1] Fernandez Galiano, *Observaciones sobre la contractilidad de « Vorticella »* (*Bol. de la Real Soc. españ. de Hist. nat.*, t. 22, 1922).

la phase d'expansion correspondante (la même phase ou une autre plus avancée que la précédente), mais qu'elle s'arrête à une phase moins avancée que celle dernièrement acquise.

Bref, mes expériences prouvent l'existence dans la Vorticelle d'une série de contractions rythmiques déterminée par des excitants mécaniques, pouvant être pris pour instantanés, attendu que le temps de leur durée est bien plus court que celui de la série de contractions rythmiques qu'ils provoquent. On comprend aisément que ces contractions, si l'on ne tient pas compte des facteurs produisant la série, ont parfaitement l'air d'être spontanées, puisqu'elles ont lieu sans l'intervention *immédiate* d'excitant.

CYTOLOGIE. — *Sur l'imitation des plasmodies et des structures chromatiques avec le silicate de sodium noirci par le noir d'ivoire et des gouttes d'alcool en diffusion.* Note (¹) de **M. A.-L. Herrera.**

Ainsi que j'ai dit dans une Note précédente, la diffusion de gouttes d'alcool sur du collodion noirci faisait prévoir des résultats remarquables par suite du perfectionnement de la technique. En effet, si au lieu de collodion on utilise le silicate de sodium sirupeux noirci par le noir d'ivoire et si l'on y fait diffuser des gouttes d'alcool absolu, on obtient de remarquables imitations des plasmodies, des cellules, des noyaux, des structures chromatiques d'une grande finesse. Les plasmodies montrent des mouvements de peu de durée et une tendance à se raccourcir. Les structures se conservent assez bien sur le carton après lavages par alcool faible, pour enlever les traces d'alcali.

On prépare ainsi des images de noyaux avec leurs chromosomes, grossies en moyenne 4000 fois, avec une des substances les plus vulgaires dans la nature, le silicate alcalin se trouvant dans un grand nombre de roches et sans avoir besoin des nucléoprotéines cellulaires compliquées et organiques.

Sur le bord des gouttes obtenues avec du silicate dilué et de l'alcool absolu, les courants de diffusion produisent des filaments semblables à des chromosomes linéaires, par une espèce d'enroulement des particules coagulées et du charbon. Peut-être, dans les noyaux naturels, des diffusions

(¹) Séance du 3 avril 1923.

très délicates amènent-elles les mêmes résultats? Avec les alcalis, ces structures subissent une espèce de karyolyse.

Avec des solutions très diluées et en superposant des gouttes d'alcool et de silicate, on produit une imitation des plus fines structures microscopiques et macroscopiques.

HISTOLOGIE. — *La minéralisation des coupes histologiques par calcination et son intérêt comme méthode histochimique générale.* Note de M. **A. Policard**, présentée par M. Roux.

En histochimie, aux deux problèmes fondamentaux de la détection qualitative et de l'appréciation quantitative, se superpose un troisième problème, celui de la localisation topographique. Il n'est pas suffisant, par exemple, de savoir s'il existe du fer dans un organe, ni en quelle quantité; il est aussi nécessaire de préciser où se trouve ce métal, dans cet ensemble hétérogène de cellules diverses et de substances interstitielles qui constitue un organe. C'est cette notion de localisation topographique qui caractérise l'histochimie.

J'ai pu, en ces dernières années, me rendre compte de l'intérêt que peut présenter, au point de vue de l'étude histochimique des tissus, la technique qui consiste à obtenir, par calcination méthodique, une image du squelette minéral des coupes histologiques. Après une telle calcination, les cendres de la coupe, demeurées sur place sur la lame porte-objet, conservent le dessin général de la préparation. Ainsi sont rendues possibles l'étude chimique des cendres et leur localisation histologique précise.

A ma connaissance, la calcination des coupes n'a été employée jusqu'ici que d'une manière accessoire. En botanique, elle a été utilisée par E. Naumann [1] pour étudier les cystolithes des Acanthacées et des Urticacées et par H. Molisch [2] dans ses recherches sur les dépôts de chaux et de silice chez les végétaux.

En histologie zoologique, d'autre part, Marcel Prenant l'a utilisée pour démontrer la nature calcaire des rhabdites des Turbellariées. Mais dans toutes ces recherches, la calcination ne semble avoir été envisagée que comme une

(1) E. Naumann, *Mikrotekniska Notiser*, 1915, p. 49 (cité par Molisch).

(2) H. Molisch, *Aschenbild und Pflanzenverwandschaft* (*Sitzungb. d. Akad. d. Wiss. i. Wien*, Abt. I, 129, 1920).

simple réaction microchimique. Il ne paraît pas qu'on ait saisi l'intérêt très grand que cette méthode présente en histochimie comme méthode générale de détection, d'appréciation quantitative et de localisation des substances minérales dans les tissus.

Or cette technique, de mise en œuvre très simple, peut rendre de grands services en histochimie en permettant la localisation précise des éléments minéraux fixes des tissus. Cette localisation se fait d'une façon très exacte par comparaison avec des coupes identiques de la même pièce, traitées par les méthodes habituelles de l'histologie.

La calcination libère chimiquement les éléments minéraux en les immobilisant topographiquement à la place qu'ils occupent dans le tissu vivant. Elle permet donc simultanément la localisation et la caractérisation chimique, par les techniques habituelles de l'analyse minérale, des divers éléments fixes qui entrent dans la composition des tissus.

Depuis plusieurs années (¹) et sans connaître les travaux cités plus haut, j'ai eu l'occasion de préciser, par une série de tâtonnements, les meilleures conditions de mise en œuvre de cette méthode. La présente Note est consacrée à leur exposé.

Les organes doivent, bien entendu, être fixés par des réactifs n'apportant pas avec eux des éléments minéraux, ni des substances (acides par exemple) susceptibles au contraire d'en enlever aux tissus; les meilleurs fixateurs sont le formol ou l'alcool, bien neutralisés.

Les coupes, faites par congélation ou à la paraffine, sont étalées sur lames et soigneusement séchées. Après cette dessiccation complète, indispensable pour éviter la rétraction des coupes, la lame porte-objet est placée dans un petit four électrique, constitué par un tube de quartz fondu, de 30^{mm} de diamètre et de 15^{c} à 20^{cm} de long, autour duquel est enroulé un fil de platine ou, plus économiquement, d'un fil d'un de ces alliages inoxydables et peu fusibles employés dans la construction des radiateurs électriques. Cette spirale résistante, dont la longueur doit varier avec le diamètre, est entourée extérieurement d'un manchon de toile d'amiante. Par deux bornes, ce fil résistant est intercalé dans le circuit électrique du laboratoire. Un rhéostat convenable permet de graduer la température.

Dans le tube de quartz, la lame portant la coupe doit reposer sur une plaque de platine ou plus simplement de porcelaine dégourdie, un peu plus grande que la lame.

Une inclinaison légère du tube permet d'obtenir un tirage léger et une circulation

---

(¹) J'ai présenté un court exposé oral de cette méthode à la 16e Réunion de l'Association des Anatomistes, Paris, 1921. Cet exposé n'a pas donné lieu à insertion dans les *Comptes rendus* du Congrès.

d'air très douce qui active l'incinération. Cette pratique rend inutile l'emploi d'oxygène.

Les règles habituelles de la technique de l'incinération doivent être suivies. La température, élevée graduellement, ne doit jamais dépasser le rouge sombre avant calcination complète. Après un séjour d'une dizaine de minutes à cette température, la coupe est réduite à ses éléments minéraux. Ceux-ci, demeurés sur place, conservent avec fidélité le dessin de la coupe.

Les cendres n'adhèrent pas au verre. Une friction légère les enlève. Si, au contraire, la température a été plus élevée et a amené un ramollissement du verre de la lame, les cendres sont incorporées à la substance de celle-ci. Elles sont devenues indélébiles; le frottement ne peut les enlever. Cette façon de faire peut être utile pour certaines réactions chimiques.

Si la température a dépassé le rouge sombre avant l'incinération complète, des éléments encore charbonneux sont incorporés au verre de la lame; ils ne peuvent plus être réduits en cendres.

Cette méthode, d'emploi facile, paraît susceptible de rendre de grands services en histochimie.

ENTOMOLOGIE. — *L'évolution de l'appareil copulateur dans le genre* Choleva *Latr.* Note de M. **René Jeannel**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

J'insistais ici, il y a un an [1], d'un point de vue général, sur la nécessité absolue de faire des revisions complètes de groupes, avec étude des caractères sexuels, avant d'aborder toute étude biogéographique sur les Coléoptères. On n'en pourrait certes pas donner de meilleure démonstration que celle qui est fournie par le genre *Choleva* Latr. de la famille des *Silphidæ* [2]. Chez les espèces de ce genre en effet l'organe copulateur, tant mâle que femelle, est très différencié; il m'a été possible d'en suivre l'évolution dans les lignées d'espèces et d'établir ainsi avec assez de précision la généalogie des formes actuelles. Je me propose dans cette Note de retracer le mécanisme de l'évolution de l'appareil copulateur, tel que j'ai pu le constater chez les *Choleva*.

---

[1] R. Jeannel, *La variation des pièces copulatrices chez les Coléoptères* (*Comptes rendus* t. 174, 1922, p. 324).

[2] La « Revision des *Choleva* Latr. » paraîtra incessamment dans l'*Abeille*, vol. 32.

On sait que le sac interne de l'organe copulateur mâle (*loc. cit.*, p. 324) se vide de son contenu en se retournant comme un doigt de gant ; ce retournement s'opère sous l'action de la gaine musculeuse qui entoure la base du sac. Des phanères simples ont dû tout d'abord se développer sur les parties de la paroi interne du sac subissant des pressions ou des frictions, soit du fait des sclérites femelles, soit du fait de la circulation du sperme. De petits plis de l'épiderme se sont produits, leur bord libre s'est chitinisé, donnant naissance à de petites écailles orientées dans la direction des efforts, ensuite sous l'influence persistante des mêmes causes, ces écailles sont devenues des dents, puis des épines. Celles-ci, d'abord toutes semblables, se sont spécialisées à leur tour.

Tout d'abord il s'est formé dans la partie évaginable du sac interne quatre bandes longitudinales d'épines venant en contact pendant la copulation avec les quatre sclérites encore non évolués du segment génital femelle. D'autre part, le trajet du sperme dans la partie basale du sac a déterminé une profonde gouttière ventrale, dont les bords saillants se sont garnis d'épines. Le sac interne des *Ch. agilis*, *Ch. Barnevillei*, *Ch. oblonga* sont encore à ce stade archaïque.

Chez les espèces plus évoluées, on voit que les épines de la région basale du sac interne se spécialisent pour former des appareils propulseurs de la masse spermatique, tandis que celles de la partie apicale, se retournant en doigt de gant, se modifient pour opérer la copulation externe, c'est-à-dire l'ouverture des voies génitales femelles. Deux régions de fonctions différentes se trouvent donc différenciées dans le sac interne.

L'évolution de la région basale semble s'être faite la première; elle ne s'est faite que dans un petit nombre de directions. Elle a abouti à la production de phanères composées de formes compliquées, mors d'étau, valves, spatules dentelées, pièces disposées par paires et jouant manifestement le rôle de propulseurs du sperme. On s'explique assez mal la cause réelle des diverses orthogénèses qui ont abouti à la formation de types aussi différents les uns des autres. En tout cas, le même type d'armature basale se retrouve dans chaque lignée d'espèces et ces types constituent d'excellents caractères de filiation.

Les phanères de la partie apicale du sac, au contraire, ont évolué à des degrés divers et de façon différente suivant les espèces. L'une de ces phanères est particulièrement intéressante, c'est la grosse dent ventrale évaginable qui existe chez presque toutes les espèces. Cette dent ventrale a pris

naissance aux dépens de deux rangées d'épines convergentes vers l'apex. Il est facile d'en suivre l'évolution orthogénétique en comparant les divers types plus ou moins perfectionnés des espèces connues. Cette transformation de rangées d'épines en dent unique et l'évolution de cette dernière se sont faites sous l'action des pressions contre la face intérieure du tergite génital femelle; pendant la copulation la dent ventrale du mâle vient soulever et écarter le tergite et s'est modelée sur lui. Mais pendant que ce dernier provoquait ainsi des modifications de forme de la dent du mâle, lui-même a subi, du même fait, des changements de forme, s'allongeant et se rétrécissant, se creusant en gouttière. Il est facile de constater que l'évolution de la dent ventrale du mâle et celle du tergite génital femelle ont eu lieu corrélativement, par pressions réciproques, la forme de la dent du mâle étant adaptée à celle du tergite femelle, un peu comme une clef est adaptée à sa serrure, suivant l'expression de Léon Dufour. La dent du sac interne du mâle et le tergite génital de la femelle fournissent donc d'excellents caractères pour séparer les espèces dans le genre *Choleva*.

Quant aux variations de forme du sommet de l'organe copulateur mâle, elles semblent être du même ordre que celles des trochanters et des tarses; ce sont des « ornements sexuels » qui doivent relever des mêmes causes internes que tous les caractères sexuels secondaires. Elles n'ont guère de valeur phylogénique et permettent seulement de caractériser les espèces. Ces conformations particulières du sommet de l'organe copulateur mâle sont naturellement en corrélation avec des dispositions correspondantes du segment génital femelle qu'elles ont produites par contre-coup. C'est ainsi que, lorsque le sommet de l'organe copulateur mâle est grêle, les parties sternales de la femelle sont membraneuses; lorsqu'il est large, soit bifide (*Ch. nivalis, Ch. Doderoi*), soit mousse (*Ch. Jeanneli*), les parties sternales du segment génital femelle sont fortement chitinisées. En voyant le large sclérite ventral du segment génital femelle du *Ch. angistrina*, on est en droit de supposer que le sommet de l'organe copulateur du mâle, encore inconnu, doit être large et peut-être même bifide.

On voit donc que chez les *Choleva* les caractères sexuels, aussi bien chez les mâles que chez les femelles, permettent de bien définir les espèces. De plus, des types particuliers d'armature basale du sac interne caractérisent nettement des lignées d'espèces. Il est bien entendu que ces caractères génitaux ne sont pas les seuls à définir ces lignées; des caractères externes portant sur la sculpture, la pubescence, les formes extérieures leur sont parti-

culiers. Mais on est obligé de constater que trop souvent les caractères tirés de la forme extérieure sont infidèles, car ils se reproduisent parfois par convergence dans des lignées phylétiquement très différentes.

ŒNOLOGIE. — *Sur la préparation du vin par fermentation continue; sélection des ferments par l'alcool déjà formé.* Note de M. **Lucien Semichon**, présentée par M. L. Lindet.

Les jus de raisin apportent avec eux des micro-organismes très variés qu'on peut classer en quatre groupes :

1° Les *levures elliptiques* (*Sacch. ellipsoïdeus*), qui poussent au plus loin la transformation des sucres en donnant un rendement d'alcool maximum, avec une sapidité et des bouquets agréables.

2° Les *levures sauvages* et les *levures apiculées* (*Sacch. apiculatus*), qui ne poussent la fermentation que vers 5°, avec un rendement en alcool moindre et qui engendrent des goûts sauvages et défectueux.

3° Les *cellules vulgaires* (*Dematium*, mycolevures, spores de cryptogames), qui brûlent les sucres en donnant très peu d'alcool, qui engendrent des produits de mauvaise odeur et de mauvais goût et qui font souvent disparaître les goûts de fruit caractéristiques des divers cépages.

4° Les *bactéries diverses*, qui causent les maladies des vins en détruisant à leur manière les sucres, l'alcool ou d'autres éléments constitutifs.

Les travaux de Pasteur, Martinand et Rietch, etc., ont montré que les cellules vulgaires et les levures sauvages et apiculées pullulent dans les jus naturels et que les levures elliptiques sont rares. Ils ont montré aussi que les levures apiculées se développent à l'exclusion presque des levures elliptiques dans les premières phases de la fermentation spontanée des jus de raisin. Ce n'est qu'ensuite qu'elles disparaissent et que les elliptiques se multiplient.

C'est donc dans les premières phases des fermentations vinaires que les micro-organismes indésirables introduisent dans les vins les défauts qui sont les témoins persistants de leur action.

Dans la pratique œnologique, on a obtenu des résultats favorables aux levures de choix, en évitant les températures élevées qui facilitent les bactéries et en pratiquant le sulfitage des moûts. Ce dernier procédé contribue surtout à éliminer les bactéries, mais il ne s'oppose pas à l'action des cellules vulgaires et n'opère qu'une sélection imparfaite entre les levures

elliptiques et les levures sauvages et apiculées. L'emploi des levures sélectionnées peut apporter une amélioration très sensible, mais ne donne des résultats parfaits qu'avec la stérilisation préalable des moûts, opération économiquement impraticable.

L'alcool, dans certaines conditions, est un agent de sélection plus efficace qui entrave le développement des cellules vulgaires et des levures apiculées et sauvages et affranchit par suite le vin obtenu des défauts causés par ces micro-organismes.

Nous avons vérifié que ces micro-organismes ne se développent pas si on les introduit dans un moût contenant déjà 5 pour 100 d'alcool provenant d'une fermentation amorcée avec des levures elliptiques. Ils tombent au fond du récipient d'où l'on peut les extraire.

En pratique, l'addition d'alcool aux moûts n'étant pas autorisée sauf dans la préparation des vins de liqueur, c'est la *fermentation continue* qui permet de mettre en jeu le rôle précieux de l'alcool comme agent de sélection des ferments.

La fermentation continue consiste à introduire du moût vierge, à une vitesse constante, dans un récipient contenant du moût en pleine fermentation, sous l'action d'un pied de cuve de levures choisies. Du moût mi-fermenté en est extrait en quantité égale au moût vierge introduit, et la fermentation s'achève ensuite dans une autre cuve quelconque.

L'activité de la fermentation est toujours à son maximum;

Le rendement en alcool est maximum par rapport au sucre détruit;

La température se règle à volonté en réglant celle du moût introduit;

La chute de densité s'établit en raison inverse de la vitesse d'extraction;

Elle peut être maintenue constante en réglant cette vitesse;

Un robinet de purge et un déversoir permettent d'éliminer les dépôts et les mousses.

Ce procédé est déjà appliqué dans l'industrie de la distillerie de betteraves où l'on ne recherche que le rendement en alcool et où l'on n'a pas à s'inquiéter des qualités organoleptiques des produits obtenus.

Nous l'avons appliqué à la préparation des vins blancs, des vins rosés, des vins doux ou moelleux et des vins de liqueur et nous l'avons introduit dans la préparation des vins rouges. Il est applicable aux cidres et en général à la préparation des boissons fermentées.

Par suite de l'élimination des micro-organismes nuisibles, ce procédé apporte, en sus des avantages recueillis dans l'industrie de la distillation des betteraves, des avantages beaucoup plus précieux en donnant, même

avec les cépages courants du Midi, des vins qui n'ont plus, ni rudesse, ni terroir, tendres, et possédant de la finesse et du fruité qui en augmentent la valeur marchande.

Au laboratoire, la fermentation continue dans un milieu à température constante et à richesse constante en sucres et en alcool permet l'étude plus précise des propriétés des diverses variétés de levures elliptiques. Dans la plupart des travaux antérieurs sur ce sujet, la variation continue des sucres et de l'alcool au cours d'une même fermentation était une cause de trouble d'autant plus importante que les sucres et l'alcool se classent parmi les éléments dont l'action est la plus grande sur les cellules des levures.

Ce ne sont pas les mêmes variétés de levures elliptiques qui possèdent le pouvoir ferment le plus élevé dans un moût à 5, à 8, à 10, à 12 ou à 14 pour 100 d'alcool. Les produits secondaires de la fermentation, glycérine, acide succinique, acides gras volatils, alcools supérieurs, sont élaborés en quantité variable suivant la teneur en alcool du milieu dans lequel s'effectue la fermentation continue. Toutes les autres propriétés des levures peuvent être révisées en tenant compte des variations des deux facteurs sucre et alcool. Le choix des levures devant servir à amorcer la fermentation continue dans chaque cas particulier sera heureusement éclairé ainsi par la connaissance plus approfondie de leurs propriétés.

« Nos expériences ont porté sur des raisins de grenache dans les caves de la Société des vins de Banyuls naturels pour la préparation des vins de liqueur. Industriellement, avec un appareil à fermentation continue de 650^l, marchant à la vitesse de 150^l à 200^l à l'heure, soit environ 35 hectolitres par jour, nous avons préparé des vins rosés d'Aramon, des vins blancs secs ou moelleux de Terret-Bourret et des vins rouges. »

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Dépression barométrique et choc anaphylactique*. Note de MM. **Auguste Lumière** et **Henri Couturier**, présentée par M. Roux.

Losque des cobayes ont été sensibilisés au moyen d'ovalbumine, on peut régler la dose déchaînante pour que la mort survienne en 4 ou 5 minutes ; les accidents débutent alors 1 minute et demie environ après l'injection intracardiaque.

Si l'on profite de ce délai pour introduire les animaux traités sous une

cloche dans laquelle on abaisse rapidement la pression de 30^{cm} à 40^{cm} de mercure, on constate que le choc anaphylactique est atténué, parfois même supprimé et que la plupart des cobayes survivent, alors que les témoins, laissés à la pression normale meurent presque tous.

Voici d'ailleurs une expérience dans laquelle nous avons réuni les conditions qui nous ont paru les plus favorables pour réaliser l'atténuation du choc. Cette expérience a porté sur 45 cobayes mâles; nous avons éliminé les femelles qui peuvent troubler les résultats, à cause de l'immunité que présentent celles qui sont en état de gestation ([1]).

Sur 20 cobayes pris comme témoins, 17 sont morts quelques minutes après l'injection déchaînante et les 3 autres ont présenté un choc extrêmement grave. (Mortalité, 85 pour 100.)

Les 25 autres cobayes du même lot ont été successivement mis sous la cloche à vide, aussitôt après avoir reçu l'injection intracardiaque d'antigène; la chute de pression de 40^{cm} de mercure a été obtenue en 8 à 10 secondes et maintenue constante, avec renouvellement de l'air, pendant 6 minutes, puis le retour à la pression normale a été effectué, en quelques secondes, au bout de ce temps.

A la suite de ce traitement, 8 cobayes sont morts sous la cloche, 14 ont présenté un choc assez sévère; parmi ceux-ci 12 ont survécu et 2 sont morts ultérieurement. 3 n'ont eu que des troubles très légers. (Mortalité immédiate, 32 pour 100).

Cette expérience a été répétée plusieurs fois, sur 160 animaux au total, en faisant varier les conditions de dépression et de temps. La statistique globale de ces essais nous a montré que la mortalité chez les témoins a dépassé 80 pour 100 tandis qu'elle n'a pas atteint 40 pour 100 chez les animaux soumis à la dépression.

Pour découvrir la cause de cet effet antianaphylactique, nous nous sommes reportés aux recherches de Dastre et Morat ([2]) : ces auteurs ont observé que des animaux soumis à la dépression, dans un courant d'air, ne présentaient aucun trouble vaso-moteur tant que la chute de pression n'atteignait pas 30^{cm} de mercure, l'augmentation de l'amplitude des mouvements respiratoires et l'accélération de leur rythme assurant l'hématose

---

([1]) Auguste Lumière et Henri Couturier, *Résistance des femelles en gestation aux chocs anaphylactiques et anaphylactoïdes* (*Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 495).

([2]) Dastre et Mora, *Recherches expérimentales sur le système nerveux vasomoteur*, Masson, Paris, 1884.

et compensant le défaut d'oxygène, mais lorsque le vide relatif était poussé plus loin, on constatait une dilatation des capillaires des téguments et une constriction des vaisseaux viscéraux.

Or ces troubles vaso-moteurs sont exactement inverses de ceux du choc anaphylactique qui s'accompagne d'hyperhémie considérable des organes splanchniques en même temps que la circulation cutanée se trouve considérablement ralentie.

On comprend alors que ces deux effets antagonistes puissent se compenser dans une certaine mesure.

Dastre et Morat ont encore montré que les modifications vaso-motrices dues à l'asphyxie par dépression n'étaient pas constantes et comportaient des exceptions, notamment lorsque les expériences portaient sur des sujets en période digestive; la congestion gastro-intestinale résultant de la digestion peut, effectivement, contre-balancer la vaso-constriction consécutive à l'abaissement de la pression.

Nous avons remarqué aussi que l'effet antianaphylactique de la dépression suit les mêmes règles et qu'il est plus fréquent lorsqu'on opère sur des cobayes à jeun.

Ces expériences apportent une confirmatiou de plus aux nombreux faits antérieurement invoqués à l'appui de la théorie que nous avons donnée des phénomènes anaphylactiques [1].

PATHOLOGIE. — *La loi de viviréaction en Pathologie.* Note de M. **Jules Amar**, présentée par M. Daniel Berthelot.

La biologie démontre que la viviréaction est un réflexe défensif de la vie normale des animaux supérieurs (homéothermes), garantissant la continuité des oxydations intra-cellulaires [2].

Le domaine pathologique de la viviréaction. — En passant à l'étude des phénomènes pathologiques, on s'assure que les *infections* et *intoxications* sont, en dernière analyse, des opérations *antioxydantes*, dont la marche asphyxique est lente ou rapide suivant les circonstances. Il faut

---

(1) A. Lumière et H. Couturier, *Sur la nature du choc anaphylactique* (*Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 294) et *Sur les rapports du choc anaphylactique avec l'introduction de précipités dans la circulation* (*Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 461).

(2) Jules Amar, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 111.

entendre par là que la viviréaction est d'autant plus efficace et salutaire que les centres nerveux sont en meilleur état de fonctionnement, et la nutrition plus active.

En d'autres termes, *la maladie tend à désoxyder les tissus*, et d'abord elle affaiblit leur nutrition, tandis que la viviréaction s'efforce de les ravitailler en oxygène. Ce dernier se trouve partiellement en réserve dans les *leucocytes*, dans les *cellules géantes*, lesquels ne se hâtent vers les tissus menacés qu'à titre d'éléments oxydants. C'est un véritable *tropisme*.

Les théories de *l'inflammation* et de la *phagocytose* seraient donc à revoir de ce nouveau point de vue de la viviréaction.

Avant d'examiner l'action pathogène en elle-même, nous remarquerons que le *médicament* a deux effets :

Ou bien neutraliser, tout au moins atténuer, l'agent toxique, infectieux ;

Ou bien stimuler la viviréaction défensive.

Si aucun de ces effets ne lui est reconnu, il n'est pas un médicament.

Application à la fièvre. — Les substances employées contre la fièvre, ou « antipyrétiques » présentent l'une ou l'autre modalité. Souvent, ce sont des antiseptiques nuisibles aux germes infectieux. Mais, en général, ils agissent comme antioxydants; elles font intervenir la viviréaction et accroissent l'intensité de l'oxydation cellulaire. La conséquence est une élévation de la température interne du corps. Or, dans ce cas, même si le milieu est froid, une augmentation de quelques dixièmes de degré suffit pour provoquer la *sudation* (Léon Frédéricq). L'hyperthermie agit sur les glandes sudoripares en excitant les centres nerveux.

Les antipyrétiques ont le pouvoir, chez les homéothermes, de déclencher la vivirèaction, et, par elle, un puissant réflexe de *régulation physique* : la *Transpiration*, le « bain de vapeur ». Loin de contrarier la fièvre, ils l'exaltent jusqu'à la sudation; de sorte que la fièvre est un aspect de la vivirèaction tempérée, limitée par la transpiration. L'oxygène qu'absorbent ainsi les fébricitants sert, d'une part à oxyder les toxines, et d'autre part à effectuer les combustions normales. Aussi le volume du gaz carbonique expiré est-il relativement *très inférieur* à celui de l'oxygène inspiré : le rapport du premier au second, ou *Quotient respiratoire*, se trouve nettement abaissé : 0,70 à 0,60, au lieu de 0,85 en moyenne.

Un faible quotient respiratoire et une ventilation croissante, angoissée, sont les traits de la vivirèaction en pathologie.

L'empoisonnement ou l'infection ne sont graves que s'ils mettent en péril les mécanismes nerveux ; on ne peut suppléer à ceux-ci par l'intro-

duction d'oxygène artificiel dans les tissus, car il y manquera le travail physiologique, l'énergie appropriée des cellules vivantes.

Il faut, d'ailleurs, élargir la conception des « anticorps », et y comprendre les sécrétions à *effet chimique*, neutralisantes des toxines (foie, rate), et les sécrétions à *effet oxydant*. La loi de viviréaction exprime ce particulier aspect de l'équilibre physiologique rompu et cherchant à se rétablir. Elle est analogue à la loi si connue de Newton que « la réaction est égale à l'action », mais analogue seulement, attendu qu'en biologie une action infinitésimale peut provoquer une réaction extrêmement puissante ; l'allure du phénomène est hyperbolique.

Enfin, il y a une *accoutumance* de la cellule aux petites doses toxiques, par l'effet sans doute de la présence constante d'un anticorps neutralisant. Et puis la viviréaction manque dans l'organisme qui contient une toxine, un venin; c'est le cas des *serpents*. On peut se demander si l'absence d'oxydations énergiques et une moindre évolution du système nerveux ne contribuent pas à conférer quelque *immunité* à certains individus et à certaines espèces.

Application à la tuberculose pulmonaire. — En mesurant les échanges gazeux des tuberculeux, nous avions trouvé (¹) un abaissement du quotient respiratoire aux environs de 0,65, et un accroissement de la ventilation. C'est l'état de défense bien caractérisé. Les *courbes tonographiques* (tracé de la pression des gaz dans les poumons) ont un aspect asphyxique. Et des évaluations on déduit aisément que *le tuberculeux emploie moins d'oxygène par kilogramme de poids de son corps que le valide, soit un rapport de* 5 *à* 7. Il est en état de dénutrition progressive.

La viviréaction est assez rapidement faussée chez le tuberculeux, car l'infection paralyse le rouage le plus utile. Tandis qu'elle peut s'opposer à d'autres infections, elle ne peut plus le faire quand il s'agit de la tuberculose : tous les animaux y sont exposés.

C'est donc à elle que revient la prophylaxie des organismes supérieurs. Et l'un de ses moyens, c'est la mise en œuvre de *l'oxygène leucocytaire*. Les globules blancs affluent dans le tissu menacé d'asphyxie, à moins qu'ils ne soient occupés par une autre défense (Bordet), ou que leurs réserves soient épuisées; dans ce dernier cas, il se produit un point de *moindre résistance physiologique*. L'expérience suggestive de Vincent, dite du « Phénomène d'appel », parle dans ce sens.

(¹) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 271.

Vincent injecte au flanc d'un cobaye de la *toxine* streptococcique, et au côté opposé du corps il injecte de la culture de bacille typhoïdique. Ce sont donc deux causes désoxydantes, mais la première plus agissante et en dose plus massive. Alors, en ce point mal défendu, les bacilles se portent de préférence et y cultivent. Il y a transfert du foyer infectieux vers la région asphyxiée. C'est ce qu'avait démontré Vincent.

Conclusions. — En résumé, la « loi de vivireaction » exprime l'acte de défense le plus puissant des organismes zoologiques les plus élevés. Elle en précise la nature en montrant que les facteurs nuisibles aux êtres vivants sont d'essence anti-oxydante ou asphyxique; ils tendent à paralyser les combustions cellulaires, c'est-à-dire la *Nutrition*, à laquelle se ramène au fond la résistance physiologique.

Le système nerveux, qui gouverne et règle admirablement les forces de résistance, réagit alors en stimulant la marche des rouages oxydants. Des incitations partent directement du bulbe vers les poumons, et augmentent la ventilation pulmonaire, la puissance de l'hématose. C'est par *chimiotropisme* que les leucocytes, avec leurs réserves d'oxygène, sont attirés aux points où les tissus manquent de ce gaz vital. Toxines, germes infectieux, alcool, surmenage, produisent ce même effet asphyxique, et se heurtent à la même vivireaction prophylactique.

D'où l'on conclut que *l'intégrité des centres nerveux est l'arme par excellence de la défense normale de la vie.*

La séance est levée à 3^h30^m.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 16 AVRIL 1923.

PRÉSIDENCE DE M. ALBIN HALLER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les singularités des fonctions harmoniques.* Note de M. **ÉMILE PICARD.**

On trouvera plus loin une importante Communication de M. Bouligand sur ce sujet. Je veux seulement ici, comme complément à ma Note du 3 avril, rappeler la démonstration du théorème relatif aux fonctions harmoniques de trois variables, auquel je faisais allusion à la fin de ma Communication.

Soit $V(x, y, z)$ une fonction harmonique régulière dans un domaine comprenant l'origine O, exception faite de ce dernier point où elle est égale à $+\infty$. La famille de surfaces

$$V(x, y, z) = K$$

sera alors formée, pour des valeurs très grandes données à la constante positive K, de surfaces fermées entourant l'origine O, et étant très rapprochées de ce point. Soit Γ une surface de cette famille. Désignons d'autre part par S la surface limitant le domaine envisagé, et soit Σ une sphère, de très petit rayon ρ, ayant pour centre un point (a, b, c) du domaine.

Suivant une marche entièrement analogue à celle par laquelle on établit la formule fondamentale de la théorie des fonctions harmoniques, nous appliquons la formule de Green au volume limité par S, Σ et Γ, avec les deux fonctions $V(x, y, z)$ et $\frac{1}{r}$, où r désigne la distance du point (x, y, z)

au point (a, b, c). On a, pour l'ensemble de ces trois surfaces,

$$(1) \qquad \int\int\left[V\frac{d\left(\frac{1}{r}\right)}{dn}-\frac{1}{r}\frac{dV}{dn}\right]d\sigma=0,$$

les dérivées normales étant prises sur chaque surface vers l'intérieur du volume.

En remarquant que $\frac{dV}{dn}$ est négatif pour tous les points de la surface Γ, et posant

$$k=-\frac{1}{4\pi}\int\int\frac{dV}{dn}d\sigma,$$

on trouve immédiatement que l'équation (1) devient, en faisant tendre ρ vers zéro et K vers $+\infty$:

$$V(a, b, c)=\frac{k}{\sqrt{a^2+b^2+c^2}}+U(a, b, c) \qquad (k>0),$$

$U(a, b, c)$ étant harmonique et régulière à l'origine. C'est ce que l'on voulait démontrer.

PHYSIOLOGIE. — *La rate, organe utile, non nécessaire.* Note [1] de M. **Charles Richet.**

De tout temps les physiologistes ont cherché quelle pouvait être la fonction de la rate, et ils ne sont arrivés qu'à des résultats à peu près négatifs. Variation dans le nombre des globules, rouges ou blancs; cholestérinopoièse, démontrée par les belles expériences d'Abelous et Soula; hypertrophie compensatrice des ganglions lymphatiques et de la moelle osseuse; fibrinolyse; hématopoièse; résistance aux infections [qui donne des résultats contradictoires et déconcertants (Charrin)]; tous ces phénomènes sont peu marqués et en réalité contredits par ce fait essentiel, constaté surabondamment par tous les expérimentateurs, qu'après splénectomie les animaux vivent longtemps sans trouble appréciable, que ni leur digestion, ni leur croissance ne sont gênées.

On a pu faire chez l'homme des splénectomies qui n'ont pas paru avoir d'inconvénient.

---

[1] Séance du 3 avril 1923.

Nous croyons pourtant qu'il y a peut-être quelque exagération à dire que l'ablation de la rate est tout à fait innocente.

Dans mes expériences antérieures, sur XI chiens dératés, la mortalité a été, pendant les deux ans qui ont suivi la splénectomie, de VI, soit de 55 pour 100. C'est probablement par insuffisance alimentaire qu'ils sont morts, quoiqu'ils eussent à leur disposition autant d'aliments qu'ils pouvaient en consommer et les mêmes aliments que les normaux.

Une chienne, qui a survécu quatre ans, a eu deux fois des portées normales, mais elle a été fort malade.

J'ai pu établir ces deux faits [1] :

1° Les animaux dératés consomment, pour maintenir leur poids normal, plus d'aliments que les animaux normaux.

2° Lorsqu'ils ne peuvent (pour une raison quelconque) manger plus que les chiens normaux, ils finissent par dépérir et mourir [1].

Récemment, comme, à ma connaissance au moins, nulles recherches dues à d'autres physiologistes n'avaient été entreprises sur ce sujet, soit pour confirmer, soit pour infirmer mes démonstrations, j'ai voulu les reprendre par une voie différente.

A cet effet, j'ai soumis au jeûne absolu pendant 30 jours des chiens normaux et des chiens dératés pour savoir lesquels résistent davantage, les chiens dératés ou les chiens normaux.

J'ai comparé à cet effet XIX chiens, dont XII dératés; mais j'éliminerai d'abord de mes chiffres les chiens pesant moins de $8^{kg},500$ au moment où le jeûne a commencé; car il est avéré que la mort par inanition apparaît d'autant plus vite que l'animal est plus petit.

XI chiens dératés ont été comparés à V chiens normaux à peu près de même poids. Ils avaient subi la splénectomie depuis assez longtemps (267, 267, 304, 311, 319, 319, 325, 325, 325, 333, 333 jours). Leur état de santé était excellent et depuis six ou sept mois la plaie opératoire était parfaitement cicatrisée.

Au 30e jour, quand le jeûne a été interrompu [2], la mortalité des dératés était de 27 pour 100, 3 morts; la mortalité des témoins était nulle. En outre

(1) *Des effets de l'ablation de la rate sur la nutrition chez les chiens* (*Journal de Physiologie et de Pathologie générales*, juillet 1911, p. 689-703, et avril 1913, p. 379-583) et *Travaux du Laboratoire de Physiologie*, VII, Paris, Alcan, 1917.

(2) Le jeûne absolu n'a pas duré exactement 30 jours, car chacun de ces chiens a reçu pendant les six derniers jours, chaque jour, 15^g de viande par kilogramme.

deux des chiens dératés (survivants) étaient dans un état assez misérable, et ils n'auraient sans doute pas survécu plus de deux ou trois jours si l'inanition absolue s'était prolongée.

Voici, centésimalement, les chiffres se rapportant au poids du corps. Nous supposerons que le 3 février, c'est-à-dire le jour où a commencé le jeûne, le poids total des XI chiens dératés (en chiffre absolu 167^{kg}) était de 100, et que le poids total des V chiens normaux (en chiffre absolu 102^{kg}) était de 100.

	Normaux (V).	Dératés (XI).
Au début	100	100
7e jour	87,9	88
12e jour	85,0	77,3
19e jour	76,9	67,3
26e jour	77,0	60,2
30e jour	74,2	52,1

Les graphiques ci-après, indiquant les poids, seront aussi explicites que le texte.

On pourrait objecter qu'il y a là peut-être quelque systématisation abusive, puisque je ne tiens pas compte des III chiens pesant moins de $8^{kg},500$, c'est-à-dire pesant 4^{kg}, 8^{kg} et 8^{kg}, qui sont morts avant le 30e jour.

On a alors les chiffres suivants, pour lesquels nulle élimination n'a été introduite :

	Normaux (VII).	Dératés (XII).
Au début	100	100
7e jour	87,2	86,2
12e »	84,7	81,0
19e »	75,1	66,6
25e »	70,8	60,3
30e »	64,1	50,9

Cette méthode de mensuration, quoique admissible, ne me satisfait cependant pas complètement, et je préfère, au lieu de prendre pour unité le poids total des animaux en expérience, prendre la moyenne de la proportion centésimale pour l'abaissement de poids chez les divers chiens considérés individuellement, car alors chacun des chiens en expérience compte pour une unité, ce qui vaut mieux, tandis qu'avec le procédé du poids total pris pour mesure initiale on ne donne pas même valeur à un chien de 25^{kg} et à un chien de 12^{kg}, encore qu'en bonne justice ils devraient l'un et l'autre compter pour une unité égale.

Voici la moyenne des poids pour les XIII chiens survivants :

	Normaux (V).	Dératés (VIII).
Au début..............	100	100
7ᵉ jour....	87,5	85,9
12ᵉ »	84,9	83,8
19ᵉ »	76,4	75,8
25ᵉ »	76,0	73,2
30ᵉ »	72,9	68,3

Pour montrer que, à poids à peu près égal, la dénutrition est plus rapide

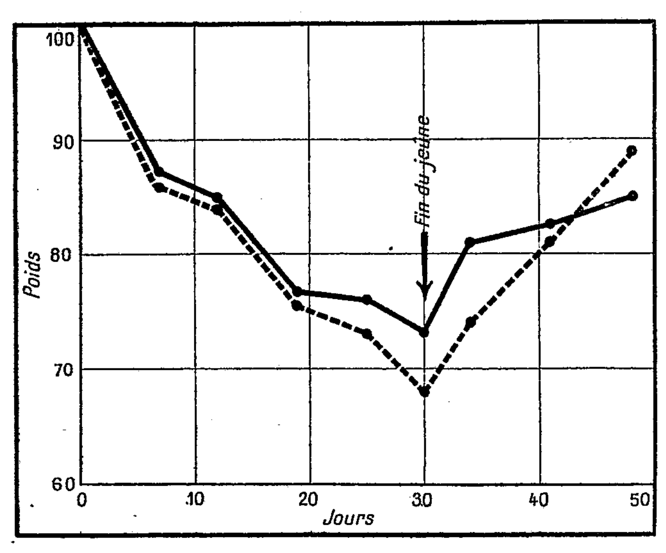


Fig. 1. — Poids centésimal (moyenne des poids individuels) des chiens survivants, pendant le jeûne et après rupture du jeûne.
Aux abscisses les jours.
Aux ordonnées les poids centésimaux.
Les V chiens normaux en trait plein.
Les VIII chiens dératés en trait interrompu.
On voit que les chiens dératés qui ont baissé de poids pendant le jeûne tendent à regagner leur poids antérieur aussi vite que les normaux quand ils peuvent s'alimenter *ad libitum*.

chez les chiens dératés, je prendrai la moyenne centésimale des poids pour les VIII chiens dont le poids était compris entre 10^{kg} et 19^{kg}. Bien entendu, quand un chien meurt, son poids peut être considéré comme égal à zéro.

Poids des survivants.

	0.	7e jour.	12e jour.	19e jour.	25e jour.	30e jour.
Dératés :						
S. (10^{kg})	100	82	80	70	70	66
L. (12,5)	100	87	84	78	75	70
Ch. (14)	100	87	81	71	71	64
J. (16)	100	86	82	75	72	66
L. (19)	100	89	84	74	70	60
Moyenne	100	85,2	82,2	73,6	71,6	65,2
Normaux :						
C. (11^{kg})	100	84	79	71	68	63
J. (17)	100	85	83	76	73	70
Moyenne	100	84,4	81	73,5	70,5	68,5

Certes la différence est minime, parce que nous n'avons pas fait intervenir les deux chiens qui sont morts (dératés); l'un pesant 15^{kg} et l'autre $16^{kg},9$, car alors la moyenne serait, au 25e jour, de 61, et au 30e jour de 46 pour 100.

Ainsi, sur VIII chiens de 10^{kg} à 19^{kg}, la perte finale, au 30e jour, fut de 54 pour 100 pour les dératés, et de 32 pour 100 pour les normaux.

Il est intéressant de suivre la marche des poids après rupture du jeûne.

Le 30e jour les XIII survivants ont reçu une alimentation normale. Comme on le verra dans la figure 1, les chiens dératés ont réparé leur poids aussi vite que les autres. Du 30e au 35e jour ils ont crû de 68 à 74, c'est-à-dire de 100 à 109, tandis que les chiens normaux ont crû de 74 à 81, c'est-à-dire exactement de même. Les dératés ont, par conséquent, tout d'abord gardé la même infériorité par rapport aux témoins.

Toutefois, dans les quinze jours qui ont suivi, le poids des dératés a repris bien plus que celui des témoins, et il est même devenu supérieur (légèrement).

Autrement dit, quand l'alimentation est devenue normale, quand la quantité d'aliments suffisante a pu être ingérée, les animaux avec rate et les animaux sans rate se sont comportés de même.

Un point sur lequel je dois insister, car il me paraît important en physiologie générale, et d'ailleurs je ne crois pas qu'il ait été souvent présenté, c'est qu'il y a des organes qui ne sont pas *nécessaires*, mais *utiles*.

En général nous tendons à considérer tous les organes du corps comme nécessaires. Et certes il en est ainsi du foie, du pancréas, des surrénales, des

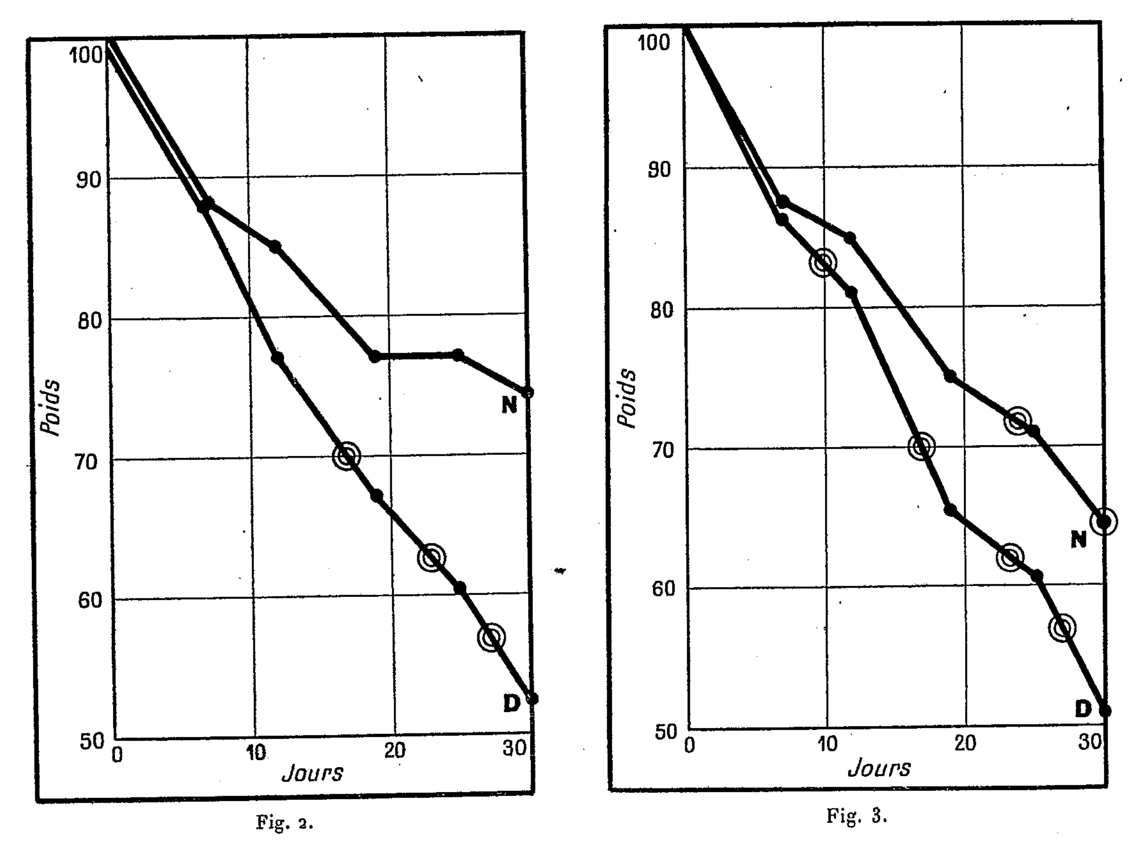


Fig. 2. Fig. 3.

Fig. 2. — Poids total (centésimal) des XI dératés et des V normaux, pendant le jeûne. Les cercles placés sur le trajet de la courbe graphique du poids des dératés indiquent, au jour correspondant à l'abscisse, la mort d'un animal.

Sur les onze dératés il y a eu trois morts.

Trois chiens pesant moins de $8^{kg},500$ ne sont pas portés sur les courbes.

Fig. 3. — Mêmes indications que pour la figure 2. Mais on a inscrit la courbe de tous les chiens (XIX) sans élimination des trois chiens pesant moins de $8^{kg},500$.

Un chien dératé, pesant d'ailleurs seulement 4000^{g}, est mort le 10e jour du jeûne.

reins, mais il faut bien se résoudre à admettre qu'il y a des organes, comme la rate, qui ne sont pas *nécessaires*.

Or, parce que la rate n'est pas nécessaire, ce n'est pas une raison pour dire qu'elle n'est pas utile. Elle est utile à la nutrition; probablement en réglant (et par conséquent en diminuant) la dénutrition, ainsi que ces expériences le prouvent.

GÉOMÉTRIE. — *Remarque sur les normalies des quadriques à centre le long de leurs lignes de courbure.* Note de M. D'OCAGNE.

L'élégante détermination des lignes de courbure des quadriques, tirée par Dupin de son beau théorème sur les systèmes triples orthogonaux, doit être regardée comme ayant fourni le dernier mot de cette théorie. On peut toutefois venir greffer sur ce résultat principal quelques remarques élémentaires non dépourvues, peut-être, de tout intérêt. En voici une, notamment, qui ne me semble pas avoir été encore formulée :

Les normalies d'une quadrique à centre, le long de ses lignes de courbure, sont coupées par chacun des plans principaux de la surface suivant un faisceau tangentiel de coniques.

Prenant les plans principaux de la quadrique pour plans de coordonnées, et appelant ses demi-axes a, b, c (b et c pouvant, pour une complète généralité, être supposés des imaginaires simples), démontrons, par exemple, le théorème pour le plan Oxy (demi-axes a et b). Les projections des lignes de courbure sur ce plan sont données, d'après le théorème de Dupin, par l'équation

$$\frac{(a^2-c^2)x^2}{a^2(a^2+\lambda)}+\frac{(b^2-c^2)y^2}{b^2(b^2+\lambda)}=1,$$

où λ est un paramètre arbitraire.

Les coordonnées x_0 et y_0 de la trace de la normale au point (x, y, z) sur le plan Oxy sont données par

$$x_0=\frac{(a^2-c^2)x}{a^2},\qquad y_0=\frac{(b^2-c^2)y}{b^2}.$$

Il vient donc pour le lieu du point (x_0, y_0) l'équation (où les indices ont été supprimés)

$$\frac{a^2x^2}{(a^2-c^2)(a^2+\lambda)}+\frac{b^2y^2}{(b^2-c^2)(b^2+\lambda)}=1,$$

qui définit un système de coniques. Mais, si l'on passe aux coordonnées plückériennes u et v, cette équation se transforme en

$$\frac{(a^2-c^2)(a^2+\lambda)}{a^2}u^2+\frac{(b^2-c^2)(b^2+\lambda)}{b^2}v^2=1,$$

qui est celle d'un faisceau tangentiel inscrit dans le quadrilatère formé par

les tangentes communes aux coniques

$$(a^2-c^2)u^2+(b^2-c^2)v^2-1=0,$$
$$b^2(a^2-c^2)u^2+a^2(b^2-c^2)v^2=0,$$

dont la seconde est dégénérée en un couple de points à l'infini. De ces équations, on déduit d'ailleurs immédiatement les suivantes :

$$(a^2-b^2)(a^2-c^2)u^2=a^2,$$
$$(b^2-a^2)(b^2-c^2)v^2=b^2,$$

qui définissent respectivement, sur Ox et Oy, les couples de points

$$x^2=\frac{(a^2-b^2)(a^2-c^2)}{a^2} \qquad (\text{points } \alpha \text{ et } \alpha'),$$
$$y^2=\frac{(b^2-a^2)(b^2-c^2)}{b^2} \qquad (\text{points } \beta \text{ et } \beta').$$

Un calcul analogue conduirait, pour les sections par Oxz et Oyz, en plus des couples précédents, au couple défini sur Oz par

$$z^2=\frac{(c^2-a^2)(c^2-b^2)}{c^2} \qquad (\text{points } \gamma \text{ et } \gamma').$$

On voit que pour l'ellipsoïde à trois axes inégaux (avec l'hypothèse ordinaire $a>b>c$), les couples α, α' et γ, γ' sont réels, β, β' imaginaire.

En tout cas, les sections, par les plans principaux, des normalies le long des lignes de courbure sont constituées par les coniques des faisceaux tangentiels respectivement inscrits dans les quadrilatères $\alpha\beta\alpha'\beta'$, $\alpha\gamma\alpha'\gamma'$, $\beta\gamma\beta'\gamma'$.

Si l'on veut déterminer les lignes de courbure passant en un point M de la quadrique, il suffit de prendre les traces N, P, Q de la normale en M respectivement sur Oxy, Oxz, Oyz et de prendre, dans chacun des trois faisceaux tangentiels correspondants, les deux coniques passant par chacun de ces points. Trois d'entre elles serviront de directrices à la normalie suivant l'une des lignes de courbure passant en M, et, de même, les trois autres pour la seconde. Il ne peut, au reste, y avoir aucune ambiguïté sur la façon de les associer, attendu que, les normalies étant développables, il faut que les tangentes en N, P, Q, aux trois coniques qui doivent être prises ensemble, appartiennent à un même plan.

Il est d'ailleurs facile d'interpréter géométriquement les formules par lesquelles sont définis les points α, α', β, β', γ, γ'. Montrons-le pour l'une

quelconque de ces formules, la première, par exemple. Elle peut s'écrire

$$x^2 = \left(a - \frac{b^2}{a}\right)\left(a - \frac{c^2}{a}\right).$$

Or, les facteurs du second membre ne sont autres que les abscisses des centres de courbure principaux α_1 et α_2 correspondants au sommet A de la quadrique, situé sur Ox; la formule précédente est donc équivalente à

$$\overline{O\alpha}^2 = O\alpha_1 . O\alpha_2,$$

qui montre que le point α est sur le cercle de centre O orthogonal au cercle de diamètre $\alpha_1\alpha_2$. La propriété subsiste pour les autres axes. Toutefois, sur l'axe Oy, dans le cas de l'ellipsoïde, le centre O étant intérieur au segment $\beta_1\beta_2$, le point β résultant de cet énoncé, est imaginaire comme on l'a déjà vu plus haut.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Le microbe de l'avortement épizootique se distingue de celui de la fièvre méditerranéenne par l'absence de pouvoir pathogène pour l'homme.* Note de MM. **Charles Nicolle**, **Et. Burnet** et **E. Conseil**.

Il n'est pas sans doute d'exemple en bactériologie d'une similitude aussi grande que celle que présentent entre eux le *Micrococcus melitensis* (de Bruce) et le *Bacillus abortus* (de Bang). Leurs caractères morphologiques, ceux de leurs cultures, leur pouvoir pathogène vis-à-vis des animaux de laboratoire communs sont les mêmes; la réaction de fixation les confond; ils sont agglutinés à un taux sensiblement égal par tout sérum préparé avec l'un d'eux. Cette similitude a été confirmée par les recherches récentes de l'un de nous [1].

Pourtant aucun rapport ne saurait être établi entre les maladies que causent ces deux microbes. L'un, agent d'une infection répandue chez les chèvres de certains pays, détermine la fièvre méditerranéenne, affection grave de l'homme; l'autre cause l'avortement épizootique des bovidés et des suidés, maladie dont la transmission à notre espèce n'a jamais été prouvée.

---

[1] Et. Burnet, *Sur les rapports du* B. abortus (*de Bang*) *et du* M. melitensis (*Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 790) et *Rapports du* M. melitensis *et du* B. abortus *de Bang* (*Archives des Instituts Pasteur de l'Afrique du Nord*, t. 3, fasc. 1, 1923, p. 48-66).

Dans ces conditions, la question de l'identité formelle ou seulement apparente des deux microbes était destinée à demeurer en suspens (et avec elle les conséquences pratiques dont nous parlerons) jusqu'à ce qu'une expérience indiscutable soit venue démontrer que l'homme, si sensible au *M. melitensis*, l'est également ou ne l'est pas au bacille de Bang.

La fréquence des cas de fièvre méditerranéenne par contamination dans nos laboratoires (9 cas à l'Institut Pasteur de Tunis, dont deux chez des signataires de cette Note), ce danger pour ainsi dire fatal dans notre entourage, nous a permis d'y trouver aisément des sujets de bonne volonté. Une expérience préalable et négative, pratiquée sur le macaque, donnait à penser que nos essais demeureraient sans conséquence.

Nous les avons réalisés par l'emploi de cultures provenant de la collection que l'Institut Lister met obligeamment à la disposition des laboratoires. Ces cultures appartiennent à deux races, l'une (V) isolée d'un fœtus de veau, l'autre (P) d'un fœtus de porc.

I. *Expériences pratiquées avec le* Bacillus abortus *de bovidé* (V). — Deux sujets qui reçoivent chacun sous la peau 900 millions de microbes provenant d'une culture de vingt-quatre heures. Aucun pouvoir agglutinant normal sur les *B. abortus* des deux souches (V et P) et sur un *M. melitensis* (M).

Sujet I. — Aucune élévation thermique consécutive, aucun trouble. Résultat négatif des hémocultures et de la recherche des pouvoirs agglutinants sur V, P, M, pratiquées les 14e, 25e, 35e, 48e et 70e jours après l'inoculation.

Sujet II. — Aucune élévation thermique, aucun trouble. Hémocultures, aux mêmes dates que le sujet I, négatives. La recherche du pouvoir agglutinant a donné le 14e jour 20 sur V et P, 8 sur M; le 25e jour 20 sur les mêmes, 10 sur M; le 35e jour 40 sur P, 20 sur les autres; les 48e et 70e jours, résultat négatif sur les trois.

II. *Expériences pratiquées avec le* Bacillus abortus *de suidé* (P). — Trois sujets (III, IV, V) dont un seul (V) présente un très léger pouvoir agglutinant (10) sur V et M. Les sujets III et IV reçoivent sous la peau 800 millions, le sujet V 900 millions.

Sujet III. — Aucune réaction thermique consécutive, aucun trouble. Le 14e jour, pouvoir agglutinant de 10 sur V, nul sur les autres; le 25e jour, 20 sur P et V, 10 sur M; le 35e jour, 10 sur P et M, nul sur V; les 48e et 70e jours, résultat négatif sur les trois. Les hémocultures, pratiquées aux mêmes dates, sont demeurées stériles.

Sujet IV. — Légère réaction fébrile le lendemain et le surlendemain de l'inoculation (maximum 38°,3); ensuite température normale; aucun autre trouble. Au 14e jour, hémoculture négative, aucun pouvoir agglutinant; le 16e jour résultat négatif d'une culture pratiquée avec le sang de la rate.

Sujet V (suivi jusqu'au 38e jour). — Aucune fièvre, aucun trouble. Le 14e jour, pouvoir agglutinant nul; le 25e jour hémoculture négative, pouvoir agglutinant de 100 sur M et P, de 250 sur V.

En résumé, aucun des cinq sujets n'a présenté de fièvre ou de trouble quelconque, les hémocultures sont demeurées stériles et le pouvoir agglutinant ne s'est généralement pas développé.

Ces résultats apportent la preuve que le *Bacillus abortus* n'est pas pathogène pour notre espèce. Elles donnent l'espoir d'une utilisation possible de ce microbe pour la vaccination préventive ou la vaccinothérapie. Elles permettent l'emploi des filtrats de *B. abortus* pour la recherche de la cutiréaction dans la fièvre méditerranéenne. Elles commandent enfin — et c'est là une acquisition utile — la substitution des cultures du *Bacillus abortus* à celles du *Micrococcus melitensis* dans la pratique du sérodiagnostic de la fièvre méditerranéenne. Cette modification à une recherche journalière mettra le personnel des laboratoires à l'abri d'une contamination qui a fait bien des victimes.

M. **H. Lecomte** fait hommage à l'Académie de deux fascicules de la *Flore générale de l'Indo-Chine*, publiée sous sa direction : Tome III, fasc. 4 : *Caprifoliacées*, par Paul Danguy; *Rubiacées*, par C.-J. Pitard. Tome VII, fasc. 5 : *Graminées* (fin), par E.-G. Camus et Mlle A. Camus.

M. **L. Joubin** présente un Volume dont il est l'auteur, en collaboration avec M. **A. Robin**, intitulé *Les Animaux*, accompagné de très nombreuses photographies, cartes et gravures, édité par la Librairie Larousse.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** donne lecture d'une dépêche dans laquelle Sir **G. Campbell** annonce que les premières mesures faites sur les clichés obtenus pendant l'éclipse totale de Soleil, en Australie et à Haïti, révèlent des déviations de la lumière comprises entre 1",59 et 1",86, avec une moyenne de 1",74.

M. **Paul Barbarin**, professeur agrégé de l'Université, fait don à l'Académie des lettres de M. *Houel*, Correspondant de l'Académie, professeur à la Faculté des Sciences de Bordeaux, au général de Tilly, relatives à la géométrie non euclidienne. Un résumé des réponses de l'éminent géomètre belge est joint à ce don.

MM. **Auguste Chevalier**, **Marin Molliard**, **Paul Guérin** prient l'Académie de vouloir bien les comprendre au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de Botanique, par le décès de M. *G. Bonnier*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Chaire de Médecine exotique de la Faculté de Constantinople. Études et Notes* (novembre 1921-décembre 1922), par M. G. Delamare. (Présenté par M. H. Vincent.)

2° *La contention des bovins*, par Ch. Benoit. (Un recueil de photographies publiées à l'aide d'une subvention sur la fondation Loutreuil).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les singularités des fonctions harmoniques.* Note de M. **Georges Bouligand.**

Dans une Note récente [1], M. Émile Picard a rappelé deux théorèmes, qu'il a donnés dans son cours d'analyse supérieure, sur les fonctions $f(M)$, harmoniques dans un domaine, sauf peut-être en un point O, strictement intérieur à ce domaine.

Théorème I. — *Il n'y a pas de singularité en* O, *si la fonction est continue en ce point et bornée aux alentours.*

Théorème II. — *Si la fonction est positive et infiniment grande au voisinage de* O, *elle diffère d'une fonction harmonique en ce point par un terme proportionnel à la singularité fondamentale.*

Dans le cas de deux dimensions, M. Picard rattache ces théorèmes à l'intégrale de Cauchy.

Raisonnant, pour simplifier, dans le cas de trois, je vais donner un processus général pour l'étude d'une fonction harmonique uniforme au voisinage d'un point singulier O. Prenons des coordonnées sphériques de centre O, soient r la distance OM, $\Delta_2 U$ le paramètre de Beltrami pour la sphère de rayon 1. En posant

$$r = e^{\rho}, \qquad U = e^{-\frac{\rho}{2}} V,$$

l'équation de Laplace s'écrit

$$\Delta_2 V - \frac{1}{4} V = -\frac{\partial^2 V}{\partial \rho^2}. \tag{1}$$

[1] *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 933.

On peut trouver une solution de

$$\Delta_2 V - \frac{1}{4} V = 0$$

régulière en tout point m de la sphère de rayon 1, sauf en un point p de cette sphère, au voisinage duquel elle constitue un infiniment grand équivalent à $\log \frac{1}{mp}$. Soit

$$(2) \qquad g(m, p) = \mathrm{K} \int_0^\infty \frac{d\lambda}{\sqrt{\lambda\left(1 - 2\lambda \cos \widehat{m\mathrm{O}p} + \lambda^2\right)}},$$

où K désigne un coefficient numérique. J'appellerai $V_p(\rho)$ une solution de (1) pour rappeler qu'elle dépend à la fois de ρ et de la projection p de P', faite de O, sur la sphère de rayon 1.

La singularité étant isolée, $V_p(\rho)$ est analytique sur toute sphère assez petite de centre O. Donc si s est la surface totale de la sphère de rayon 1, nous aurons l'équation intégro-différentielle

$$(3) \qquad 2\pi V_p(\rho) = \iint_s \frac{\partial^2 V_m}{\partial \rho^2} g(m.p)\, dS_m,$$

analogue à celle qui se présente pour l'étude des fonctions harmoniques dans un cylindre indéfini (¹). Le noyau $g(m.p)$ a pour fonctions fondamentales les fonctions sphériques. Si ν est un entier quelconque, les fonctions

$$e^{\left(\nu+\frac{1}{2}\right)\rho} Y_p^{(\nu)}$$

($Y^{(\nu)}$ étant composé linéairement de $2\nu+1$ fonctions indépendantes) forment un ensemble infini de solutions particulières de (3), à l'aide desquelles $V_p(\rho)$, dans les conditions indiquées, s'exprime linéairement, sous forme d'un développement absolument et uniformément convergent.

Supposons r infiniment petit; ρ tend vers $-\infty$; supposons en outre que $V_p(\rho)$ tende vers $+\infty$; $V_p(\rho)$ est la somme d'une expression (partie du développement correspondant aux ν positifs ou nuls) provenant d'une fonction U harmonique en O, et de

$$(4) \qquad W_p(\rho) = \frac{c_0}{4\pi} e^{-\frac{\rho}{2}} + \sum_{\nu=1}^{+\infty} c_\nu e^{-\left(\nu+\frac{1}{2}\right)\rho} Y_p^{(\nu)},$$

(¹) *Sur les fonctions de Green et de Neumann du cylindre indéfini* (*Bulletin de la Société mathématique de France*, 1914).

qui correspond à une fonction U_1 harmonique dans tout l'espace, sauf en O, et qui est positive elle-même, dès que $-\rho$ est suffisamment grand. Cela exige que les c_ν soient nuls à partir de $\nu = 1$; sinon, $-\rho$ croissant indéfiniment, la quantité sous le sigma deviendrait infinie et équivalente à $W_p(\rho)$. Il est impossible qu'elle soit, d'une part positive, d'autre part orthogonale à la première fonction fondamentale, positive parce qu'issue d'un noyau positif et réduite d'ailleurs, dans le cas actuel, à $\frac{1}{4\pi}$.

L'équation (3) est la limite d'un système différentiel à coefficients constants et positifs

$$(5)\qquad V_i = \Sigma_k a_{ik} \frac{d^2 V_k}{dt^2} \qquad (i, k = 1, 2, \ldots, N),$$

où l'on a $a_{ik} = a_{ki}$, et dont la résolution s'opère en composant linéairement les solutions particulières $v_i = \lambda_i e^{\mu t}$, associées à des vecteurs (λ_i), qui ont les directions principales de la transformation autométrique

$$X_i = \Sigma_k a_{ik} x_i.$$

Parmi ces directions, réelles, distinctes, deux à deux orthogonales, une seule traverse la portion R d'espace, lieu des points à coordonnées toutes positives, et s'obtient après un passage à la limite opéré sur les conséquents successifs de R; elle porte le petit axe de la quadrique

$$\sum_{ik} a_{ik} x_i x_k = 1$$

et fournit la constante μ_0 de valeur absolue la plus faible. Prenons les trajectoires du système (5) et leurs directions asymptotiques. Le principe des singularités positives de M. Picard prend ici une forme éminemment simple :

t tendant vers $+\infty$, *pour obtenir une trajectoire qui s'éloigne indéfiniment en restant dans la région* R, *la seule valeur positive qui soit permise pour l'exposant* μ *est* $|\mu_0|$. *Tout terme provenant d'une valeur négative, vu son caractère infinitésimal, peut d'ailleurs être ajouté à la solution. On voit donc encore apparaître, à côté d'une partie régulière, un terme singulier déterminé à un facteur constant positif près.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Le problème de Dirichlet et le potentiel de simple couche.* Note de M. **Gaston Bertrand.**

1. *Exposé de la question.* — On résout habituellement le problème de Dirichlet à l'aide d'un potentiel de double couche, dont la densité est déterminée par une équation intégrale de deuxième espèce.

Si l'on se sert du potentiel de simple couche, on est conduit à une équation intégrale de première espèce que M. Picard a étudiée à l'aide du théorème fondamental qu'il a donné sur ces équations ([1]).

Mais l'équation ainsi obtenue peut être résolue par un procédé tout différent. En effet, une simple différentiation la transforme en une équation de première espèce, *à intégrale principale au sens de Cauchy*. Dès lors, elle se ramène immédiatement à une équation de deuxième espèce ([2]). Pour cela, on commence par démontrer le théorème suivant :

Théorème. — Soit $M(x, y)$ un noyau admettant la période l par rapport à chacune des variables x et y et qui, considéré comme fonction de y, n'admet comme singularité que le pôle $y = x$ de résidu 1, autrement dit, tel qu'on ait

$$M(x, y) = \frac{1}{y - x} + M_1(x, y),$$

$M_1(x, y)$ ayant des dérivées premières.

Soient $N(x, y)$ un second noyau analogue et $f(x)$ une fonction périodique dérivable, on a la formule *d'intersection de l'ordre des intégrations*

$$(1) \quad \int_0^{\prime l} M(x, y)\, dy \int_0^{\prime l} N(x, y) f(z)\, dz = -\pi^2 f(x) + \int_0^l f(z)\, dz \int_0^{\prime l} M(x, y)\, N(y, z)\, dy.$$

Le *signe somme accentué* signifie qu'on doit prendre la valeur principale de l'intégrale au sens de Cauchy.

2. *Équation du problème.* — Soient un domaine simplement connexe limité par une courbe C; *s*, l'abscisse curviligne; $f(s)$, une fonction donnée

(1) E. Picard, *Sur un théorème général relatif aux équations intégrales de première espèce et sur quelques problèmes de Physique mathématique* (*Rendiconti del Circolo matematico di Palermo*, t. 19, 1910).

(2) G. Bertrand, *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1458, et F. Tricomi, *Rendiconti di Palermo*, t. 46, 1922, p. 357-387.

à l'avance. Le problème de Dirichlet peut s'exprimer par l'équation

$$\int_C \log\frac{1}{r}\,\rho(s')\,ds' = f(s),$$

r est la distance des points M et M′ de la courbe C; $\rho(s')$ est la densité en M′, c'est la fonction qu'il s'agit de déterminer.

Si le rayon de courbure R de la courbe C reste supérieur à un nombre fixe et est dérivable, et si $\rho'(s)$ existe, il est légitime de différentier les deux membres de l'équation précédente et l'on a

$$\int_C' \frac{d}{ds}\left(\log\frac{1}{r}\right)\rho(s')\,ds' = f'(s),$$

ce qui peut s'écrire

(2) $$\int_0^l K(s, s')\,\rho(s')\,ds' = f'(s)$$

avec

$$K(s, s') = \frac{d}{ds}\left(\log\frac{1}{r}\right) = \frac{1}{s'-s} - \frac{s'-s}{12\,R^2} + \ldots.$$

Multipliant les deux membres de l'équation (2) par $K(s'', s)\,ds$, intégrant le long de C et appliquant la formule (1), on obtient

(3) $$-\pi^2\rho(s'') + \int_0^l \rho(s')\,ds' \int_0^l K(s'', s)\,K(s, s')\,ds = \int_0^l K(s'', s)\,f'(s)\,ds.$$

La densité ρ est donc déterminée par *une équation intégrale de seconde espèce*. Mais l'on se trouve dans le cas d'un pôle.

3. *Conclusion.* — Pour que le problème de Dirichlet soit résoluble par un potentiel de simple couche :

Il suffit que la courbure de la courbe C soit finie et dérivable.

Il suffit que la fonction donnée $f(s)$ ait une dérivée seconde.

Il faut et il suffit que le terme

$$\int_C' K(s'', s)\,f'(s)\,ds$$

soit orthogonal aux solutions de l'équation homogène associée à (3).

En fait cette dernière condition n'est pas une restriction essentielle. Si l'on appelle $V(x, y)$ la fonction harmonique cherchée, on posera

$$V(x, y) = k + \sum_1^n h_i u_i(x, y) + \int_C \log\frac{1}{r}\,\rho(s')\,ds'.$$

les $u_i(x, y)$ étant des fonctions harmoniques arbitraires choisies à l'avance. On déterminera les h_i par les n conditions d'orthogonalité, et k en intégrant $V(x, y)$ tout le long de la courbe C.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'intégrale de Poisson généralisée.* Note de MM. **G.-C. Evans** et **H.-E. Bray**, présentée par M. Hadamard.

Soit u une fonction harmonique dans l'intérieur du cercle de centre O et de rayon 1. On cherche la condition nécessaire et suffisante pour que l'on ait la formule de Poisson généralisée

$$u(r, \theta) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \frac{1 - r^2}{1 + r^2 - 2r\cos(\varphi - \theta)} dF(\varphi), \tag{1}$$

où $F(\theta)$ est une fonction à variation bornée, $0 \leqq \theta \leqq 2\pi$, et où l'intégrale est une intégrale de Stieltjes. Posons

$$F(r, \theta) = \int_0^\theta u(r, \theta)\, d\theta.$$

Les conditions nécessaires et suffisantes pour qu'il existe une fonction de variation bornée $F(\varphi)$ satisfaisant à (1), sont les suivantes :

a. $\lim_{r=1} F(r, \theta)$ existe pour tout θ.

b. $F(r, \theta)$ (r constant) est de variation bornée en θ, uniformément par rapport à r [1].

On voit presque immédiatement que ces conditions sont nécessaires. Pour cela, convenons de dire que

$$F(2\pi + \theta) = F(\theta) + F(2\pi) - F(0),$$

et, pour simplifier, supposons que l'on ait

$$F(2\pi) = F(0),$$

ce que l'on peut effectuer par l'addition d'une fonction linéaire de θ, sans changer les conditions du théorème. On obtient donc, par une intégration par parties de l'intégrale de Stieltjes, suivie d'une intégration ordinaire,

---

(1) C'est-à-dire que la variation totale de $F(r, \theta)$ de $\theta = 0$ à $\theta = 2\pi$ est bornée $< N$, pour tout r, $r < 1$.

l'équation

$$(2)\qquad F(r,\theta)=\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}F(\varphi)\frac{1-r^2}{1+r^2-2r\cos(\varphi-\theta)}d\varphi$$
$$-\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}F(\varphi)\frac{1-r^2}{1+r^2-2r\cos\varphi}d\varphi,$$

et ainsi

$$(2')\qquad \lim_{r=1}F(r,\theta)=\frac{1}{2}\{F(\theta+0)+F(\theta-0)\}-\frac{1}{2}\{F(+0)+F(-0)\},$$

d'où la condition a (¹). On voit aussi que

$$\int_0^{2\pi}|u(r,\theta)|\,d\theta\leqq\int_0^{2\pi}U(r,\theta)\,d\theta\leqq N,$$

où

$$U(r,\theta)=\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}\frac{1-r^2}{1+r^2-2r\cos(\varphi-\theta)}|dF(\varphi)|,$$

complétant ainsi la condition b.

D'autre part, pour démontrer que les conditions sont suffisantes, désignons par $F(\varphi)$ la fonction

$$(3)\qquad F(\varphi)=\lim_{r=1}F(r,\varphi)$$

et, en vertu de la simplification déjà notée, supposons que

$$0=u_0=\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}u(r,\theta)\,d\theta,$$

et ainsi que $F(\varphi+2\pi)=F(\varphi)$. A cause de b, la fonction $F(\varphi)$ est de variation bornée.

Soit M_0 un point arbitraire, fixe, pris à l'intérieur du cercle, et soient ψ, ψ' les angles faits en M_0, avec une direction fixe, par deux arcs menés de M_0 et tangents au rayon θ, l'un au point $(1,\theta)$, l'autre au point arbitraire (r,θ), $r>OM_0$. La fonction $\rho(r,\theta)=\frac{\partial\psi'}{\partial\theta}$ est continue, même sur la circonférence $r=1$, et la continuité est uniforme en θ; et nous aurons

$$u\,d\psi'=\rho(r,\theta)\,d_0F(r,\theta),$$

ou encore

$$\int_{\psi'_1}^{\psi'_2}u(r,\psi')\,d\psi'=\int_{\theta_1}^{\theta_2}\rho(r,\theta)\,d_\theta F(\theta),$$

(¹) Goursat, *Cours d'Analyse*, vol. 3, 1915, p. 187.

où l'intégrale du second membre est une intégrale de Stieltjes.

Ainsi l'on a

$$\lim_{r=1}\int_{\psi'_1}^{\psi'_2} u(r, \psi')\, d\psi' = \lim_{r=1}\int_{\theta_1}^{\theta_2} \rho(1, \theta)\, d_\theta F(r, \theta),$$

$|\rho(1, \theta) - \rho(r, \theta)|$ étant uniformément petit avec $1 - r$. Ayant égard à un théorème de M. Bray, relatif à la continuité de l'intégrale de Stieltjes, on obtiendra

$$(4) \qquad \lim_{r=1}\int_{\psi'_1}^{\psi'_2} u(r, \psi')\, d\psi' = \int_{\theta_1}^{\theta_2} \rho(1, \theta)\, dF(\theta)$$

pour toutes les valeurs de θ_1, θ_2 (¹). En particulier, on peut prendre $\theta_1 = 0$, $\theta_2 = 2\pi$.

Mais d'autre part (²), en fonction des valeurs sur la circonférence de rayon r,

$$(5) \qquad u(M_0) = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} u(r, \psi')\, d\psi' = \lim_{r=1}\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} u(r, \psi')\, d\psi' = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \rho(1, \varphi)\, dF(\varphi)$$

et dont le dernier membre, par le calcul direct de la fonction $\rho(1, \varphi)$, est précisément l'intégrale de Poisson (1). C. Q. F. D.

Reste à noter que la condition b est *a fortiori* satisfaite si la fonction $u(r, \theta)$ reste positive à l'intérieur du cercle, ou soit la différence de deux fonctions harmoniques qui restent positives, *cette dernière condition étant complètement équivalente à la condition b.*

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Influence de la vitesse et de la température sur les pertes par frottements dans les moteurs à explosions.* Note de M. **André Planiol**, présentée par M. G. Kœnigs.

Les résultats faisant l'objet de la présente Note on été obtenus sur le même moteur que ceux exposés dans ma Note du 27 mars 1922.

Les caractéristiques de cette machine sont les suivantes : moteur mono-

(¹) H.-E. Bray, *Annals of Mathematics*, vol. 20, 1918, p. 180.

(²) La formule (5), équivalente à l'intégrale de Poisson, se déduit par inversion, comme l'avait remarqué Bôcher, du résultat classique relatif à la moyenne des valeurs d'une fonction harmonique sur une circonférence.

cylindrique 4 temps, 30 chevaux à 200 t/min, alésage 290^{mm}, course 430^{mm}, combustible gaz de ville, compression volumétrique 7,0.

I. Les méthodes employées pour l'étude de l'influence de la vitesse sur les pertes par frottements ont été les mêmes que précédemment :

1° Mesure de la puissance électrique fournie à une machine étalonnée entraînant le moteur, les explosions étant supprimées.

2° Mesure des couples résistants par la méthode cinétique.

3° Mesure du travail indiqué en marche à vide.

Les mesures ont été faites par chacune des méthodes 1 et 2 pour deux modes de fonctionnement aussi différents que possible l'un de l'autre.

a. Le moteur complet est entraîné, sans explosions, l'admission d'air étant ouverte en grand, comme pour la marche à pleine charge.

c. Mêmes conditions, mais l'admission d'air étant étranglée au maximum, comme pour la marche à vide.

Les résultats fournis par les méthodes 1 et 2 pour chacun des régimes *a* et *c* sont équivalents, les différences étant inférieures aux erreurs d'expérience. Les pressions en fin de compression sont respectivement, pour *a* 12,5 kg/cm², pour *c* 3,5 kg/cm².

b. La méthode 3 est appliquée au cas de la marche à vide où la pression de compression est de 3,5 kg/cm² et la pression d'explosion de 4,5 à 6 kg/cm², suivant les régimes.

On peut, avec les résultats ainsi obtenus, construire les courbes représentatives en portant en abscisses le nombre de tours/minute n, et en ordonnées le couple résistant de frottement C.

Les trois courbes *a*, *b*, *c* (*fig*. 1), relevées à la température uniforme de 65° C. pour l'eau de circulation, sont sensiblement rectilignes et presque parallèles. Elles peuvent être représentées correctement par les expressions linéaires :

$$C_a = 7,1 + 0,080\,n,$$
$$C_b = 6,1 + 0,072\,n,$$
$$C_c = 4,5 + 0,073\,n.$$

On n'introduit ainsi que des erreurs négligeables de $0^{kgm},5$ au maximum.

Si l'on admet, ce que d'autres essais ont montré légitime, que l'extrapolation est possible de $n = 40$ t/min, vitesse minima observée jusqu'à $n = 0$, on voit que, de 0 à 240 t/min vitesse maxima, les variations du couple résistant sont respectivement :

Pour C_a de 7,1 à $26^{kgm},3$, soit	3,7	fois plus
Pour C_b de 6,1 à 23,4, soit	3,8	»
Pour C_c de 4,5 à 22,1, soit	4,9	»

soit, en moyenne, un accroissement de plus de 4 à 1, bien plus considérable que les valeurs couramment admises pour l'augmentation des frottements avec la vitesse.

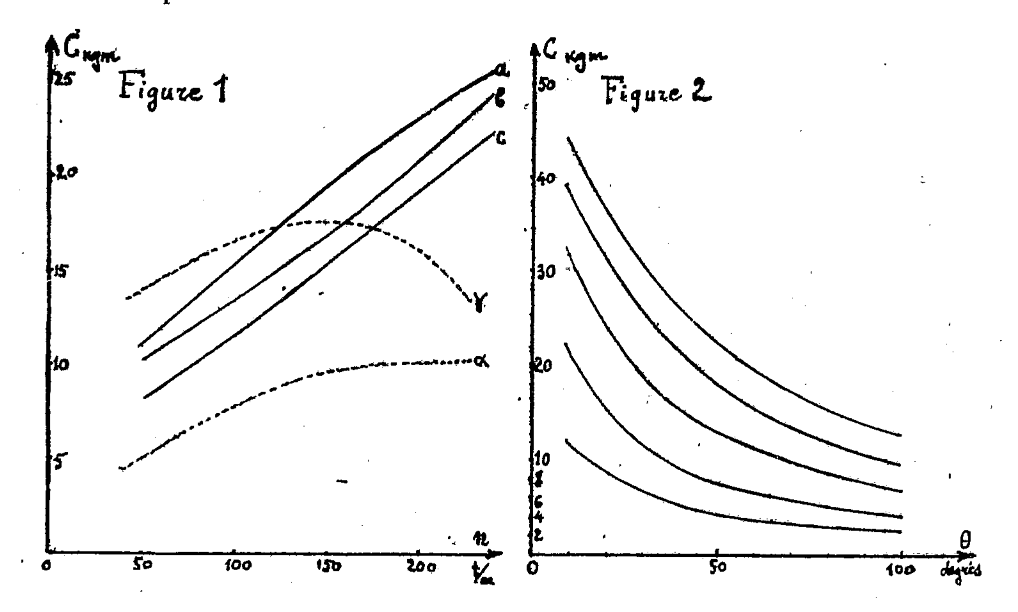
L'ordre des résistances décroissantes dans lequel se classent les courbes *a*, *b*, *c* est bien celui des pressions moyennes π au diagramme développé décroissantes elles aussi. Ainsi par exemple on a, pour $n = 200$ t/min,

$$C_a = 23,1, \quad \pi_a = 1,5; \quad C_b = 20,5, \quad \pi_b = 0,96; \quad C_c = 19,1, \quad \pi_c = 0,66,$$

vérifiant à une fraction de kilogrammètre près la formule

$$C = 16 + 4,5\,\pi$$

précédemment donnée pour représenter les couples de frottement en fonction de la pression.



Les courbes α et γ (*fig.* 1) représentent, pour les régimes correspondants aux courbes *a* et *c*, les couples résistants dus au transvasement des gaz par les conduits et soupapes du moteur, déduits de l'aire de la boucle inférieure des diagrammes relevés à chacun de ces régimes.

II. Lorsque la température de l'eau de réfrigération du moteur varie, la température de l'huile interposée entre le piston et la paroi du cylindre varie elle aussi.

Par suite des variations de la viscosité de cette huile, on observe des variations correspondantes des frottements du moteur, toutes choses égales par ailleurs.

Les déterminations des pertes à différentes températures ont été faites par les méthodes 1 et 2, mais après démontage de la soupape d'aspiration afin de supprimer les résistances de transvasement et de faciliter les mesures qui ont été effectuées entre les températures extrêmes de 95°,8 et 8°,7.

Les résultats obtenus sont représentés figure 2 pour différentes vitesses : en abscisses les températures, en ordonnées les couples résistants.

On y aperçoit immédiatement l'influence considérable des variations de la température de l'huile de graissage du piston, régie par celle de l'eau de circulation.

Les frottements du piston étant seuls affectés par ces variations, toutes les autres conditions de marche restant semblables, la variation relative de ces frottements est donc encore plus considérable que celle des frottements totaux donnée par les courbes de la figure 2.

En raison de l'influence considérable de la température de l'huile de graissage du piston sur les frottements, on peut, de la concordance remarquable des courbes *a* et *c* d'une part, et *b* d'autre part, tirer la conclusion suivante :

Puisque la courbe *b* (*fig.* 1) fournie par un fonctionnement avec explosions donne des résultats comparables en tout aux deux autres, pour lesquelles les gaz introduits dans le cylindre restent froids, on peut affirmer que cette différence considérable dans le régime thermique du fluide évoluant n'a eu qu'une influence extrêmement faible sur la température et l'état du lubrifiant, un très faible changement suffisant à amener des différences mesurables dans les pertes par frottements correspondantes.

On voit donc que les hypothèses attribuant à une altération de l'huile de graissage les variations des pertes sont inconciliables avec les faits observés, particulièrement celles qui tendaient à expliquer ainsi une prétendue augmentation des frottements en passant de la marche en charge à la marche à vide, absolument contraire d'ailleurs aux résultats précédemment relatés.

MÉCANIQUE. — *Sur un problème d'élasticité à deux dimensions.* Note de M. **Wladimir de Belaevsky**, présentée par M. Mesnager.

Ordinairement, lorsqu'on veut résoudre certains problèmes d'élasticité, ce sont les équations établies pour les tensions que l'on cherche à intégrer; mais, dans certains cas, on peut aussi chercher les intégrales des équations d'élasticité établies pour les déplacements.

C'est en partant de cette deuxième forme d'équations que je me suis proposé de trouver la résolution du problème suivant :

Une poutre homogène et de hauteur constante est soumise à une charge répartie normalement le long de la face supérieure suivant la loi de sinus, et les réactions équilibrant cette charge sont appliquées tangentiellement aux sections latérales. La poutre est supposée impondérable.

Écrivons les équations de l'élasticité :

$$(1) \quad \begin{cases} \mu \nabla^2 u + (\lambda + \mu) \dfrac{\partial \Theta}{\partial x} = 0 \\ \mu \nabla^2 v + (\lambda + \mu) \dfrac{\partial \Theta}{\partial y} = 0 \end{cases} \quad (\lambda, \mu \text{ étant les coefficients de Lamé}).$$

La dilatation cubique vérifie l'équation de Laplace : $\nabla^2 \Theta = 0$.

Nous prendrons l'intégrale de cette équation sous la forme

$$(x) \qquad \Theta = \frac{1}{2m(\lambda + \mu)} (C_0 \operatorname{sh} my + C_1 \operatorname{ch} my) \sin mx,$$

où $\operatorname{sh} my$ et $\operatorname{ch} my$ désignent les fonctions hyperboliques.

Posons maintenant

$$u = U(y) \cos mx \qquad \text{et} \qquad v = V(y) \sin mx.$$

En portant ces expressions, ainsi que l'intégrale (x), dans les équations (1), on arrive aux équations ordinaires du deuxième ordre, avec second membre. En tenant compte de (x) et de ce que les tensions doivent être indépendantes de λ, μ, on trouve

$$(2) \quad \begin{cases} u = \Bigg[\dfrac{1}{4m\mu} \left(C_3 - C_0 y + \dfrac{C_1}{m} \right) \operatorname{ch} my + \dfrac{1}{4m\mu} \left(C_2 - C_1 y + \dfrac{C_0}{m} \right) \operatorname{sh} my \\ \qquad - \dfrac{C_0(\lambda + 2\mu)}{4m^2\mu(\lambda + \mu)} \operatorname{sh} my - \dfrac{C_1(\lambda + 2\mu)}{4m^2\mu(\lambda + \mu)} \operatorname{ch} my \Bigg] \cos mx, \\ v = \Bigg[\dfrac{1}{4m\mu} \left(C_2 - C_1 y + \dfrac{C_0}{m} \right) \operatorname{ch} my + \dfrac{1}{4m\mu} \left(C_3 - C_0 y + \dfrac{C_1}{m} \right) \operatorname{sh} my \\ \qquad + \dfrac{C_0}{4m^2(\lambda + \mu)} \operatorname{ch} my + \dfrac{C_1}{4m^2(\lambda + \mu)} \operatorname{sh} my \Bigg] \sin mx, \end{cases}$$

où C_2 et C_3 désignent les nouvelles constantes d'intégration.

Portons les expressions (3) et (x) dans les formules connues

$$N_1 = \lambda \Theta + 2\mu \frac{\partial u}{\partial x}, \qquad \ldots,$$

et pour les formules de tensions on aura

$$(3)\quad \begin{cases} N_1 = \frac{1}{2}\left\{\left(C_1 y - C_2 + \frac{C_0}{m}\right)\operatorname{sh} my + \left(C_0 y - C_3 + \frac{C_1}{m}\right)\operatorname{ch} my\right\}\sin mx, \\ N_2 = \frac{1}{2}\left\{\left(C_2 - C_1 y + \frac{C_0}{m}\right)\operatorname{sh} my + \left(C_3 - C_0 y + \frac{C_1}{m}\right)\operatorname{ch} my\right\}\sin mx, \\ T = \frac{1}{2}\left\{(C_3 - C_0 y)\operatorname{sh} my + (C_2 - C_1 y)\operatorname{ch} my\right\}\cos mx. \end{cases}$$

Il ne reste qu'à déterminer les constantes arbitraires suivant les conditions imposées au contour de la poutre.

Rapportons la poutre au système de coordonnées rectangulaires de la façon suivante : prenons comme origine des coordonnées rectangulaires le milieu de la face latérale gauche de la poutre, l'axe des x ayant l'orientation vers la droite, suivant la fibre moyenne de la poutre et l'axe des y avec le sens positif vers le bas. Désignons par l la longueur de la poutre et par $2c$ sa hauteur constante.

Pour fixer les conditions cinématiques aux appuis, nous exigerons qu'aucun point des faces latérales ne puisse éprouver de déplacement vertical, donc ces conditions seront $v = 0$ pour $x = 0$ ou 1, ce qui revient à poser dans (2) $m = \frac{K\pi}{l}$. Lorsque la charge est représentée par une demi-sinusoïde (ce qui est notre cas) il faut poser simplement $K = 1$. Pour simplifier l'écriture, nous conserverons pourtant la notation m.

Pour satisfaire aux conditions imposées au contour pour les tensions il faut que : $N_1 = 0$ pour $x = 0$ ou 1; $N_2 = 0$ pour $y = c$; $T = 0$ pour $y = \pm c$.

On arrive ainsi à un système de trois équations en C_0, dont la résolution donne

$$C_3 = K_3 C_0; \qquad C_2 = K_2 C_0; \qquad C_1 = K_1 C_0,$$

où nous avons posé

$$K_3 = c\,\frac{cm - \operatorname{sh} 2mc}{cm + \operatorname{sh} 2mc}; \qquad K_2 = c\,\frac{\operatorname{sh} mc}{\operatorname{sh} mc}; \qquad K_1 = K_2 . K_3.$$

En mettant dans les formules (3), C_1, C_2, C_3, en fonction de C_0, on obtient les formules définitives suivantes :

$$N_1 = \frac{1}{2} C_0\left[\left(k_1 y - k_2 + \frac{1}{m}\right)\operatorname{sh} my + \left(y - k_3 + \frac{k_1}{m}\right)\operatorname{ch} my\right]\sin mx,$$

$$N_2 = \frac{1}{2} C_0\left[\left(k_2 - k_1 y + \frac{1}{m}\right)\operatorname{sh} my + \left(k_3 - y + \frac{k_1}{m}\right)\operatorname{ch} my\right]\sin mx,$$

$$T = \frac{1}{2} C_0\left[(k_3 - y)\operatorname{sh} my + (k_2 - k_1 y)\operatorname{ch} my\right]\cos mx.$$

Quant à la constante C_0, elle sera déterminée lorsqu'on se sera donné la loi de répartition de l'intensité q de la charge. Soit, par exemple, pour notre cas particulier,

$$q = A \sin \frac{\pi x}{l}.$$

La valeur de C_0 sera tirée de la condition d'équilibre $N_2/_{y=-c} + q = 0$.

Il est facile de vérifier que la solution du problème donnée par les formules (3) satisfait à toutes les conditions d'équilibre élastique.

On a vu que dans le cas d'une charge sinusoïdale le problème se résout en termes finis. Dans quelques autres cas, on peut chercher la solution au moyen des séries infinies.

Il n'est pas sans intérêt de noter que dans le cas traité la fibre neutre ne coïncide pas en général avec la fibre moyenne comme cela découle directement des formules (2).

Observations sur la Communication précédente de M. Vladimir de Belaevsky, par M. **Mesnager.**

Les tensions de la poutre rectangulaire fléchie données ci-dessus par M. de Belaevsky, se présentent sous une forme beaucoup plus simple que celles données notamment par Ribière [1] et par M. Filon [2]. Cette simplicité tient à ce que la poutre est limitée à la section même où est appliquée la réaction, non à une autre suivant la supposition des deux derniers auteurs.

J'avais déjà constaté la possibilité de cette simplification il y a une quinzaine d'années, et je m'étais proposé de calculer la tension dans la fibre inférieure d'une poutre rectangulaire appuyée à ses deux extrémités, chargée sur sa face supérieure d'un poids unique au milieu de sa longueur. Elle est très utile à connaître pour apprécier les résultats des essais de flexion, les procédés de calculs ordinaires de la résistance des matériaux et même ceux donnés par de Saint-Venant ne pouvant fournir de valeurs exactes au droit de la charge. Je n'avais rien publié à cette époque parce que j'étais hors d'état d'affirmer que la solution ne fût pas purement formelle. Les séries qu'on doit utiliser, en effet, sont loin d'être uniformément

---

(1) *Thèse de Doctorat*, 1888 (Bordeaux, Genouilhou), et *Comptes rendus*, t. 126, 1898, p. 402 et 1190.

(2) *Philosophical Transactions*, juin 1902.

convergentes. Depuis, le minuscule Livre sur les séries trigonométriques de M. Lebesgue m'a permis d'affirmer l'exactitude de mes résultats, et j'ai indiqué qu'on pouvait donner des formules une démonstration rigoureuse ([1]). Mais je n'ai pas donné, faute de place, les expressions sous leur forme définitive.

Soit une poutre rectangulaire indéfinie, l'origine étant au milieu de sa hauteur $2h$, oy étant dirigée vers le haut. Elle est chargée de F sur sa face supérieure aux points d'abscisse $x = 2Ka$, appuyée sur sa face inférieure aux points d'abscisse $x = a + 2Ka$ et ne subit pas de traction parallèle à ox. J'appelle son épaisseur e, je pose $m = \frac{n\pi}{a}$, n étant un nombre entier que je désigne par i quand il est impair, par p quand il est pair. J'ai obtenu

$$N_1 = +\frac{F}{ae}\sum_{i=1}^{i=\infty}\frac{(mh\,\mathrm{sh}\,mh - \mathrm{ch}\,mh)\,\mathrm{sh}\,my - my\,\mathrm{ch}\,mh\,\mathrm{ch}\,my}{\mathrm{sh}\,mh\,\mathrm{ch}\,mh - mh}\cos mx +$$

$$+\frac{F}{ae}\sum_{p=2}^{p=\infty}\frac{(mh\,\mathrm{ch}\,mh - \mathrm{sh}\,mh)\,\mathrm{ch}\,my - my\,\mathrm{ch}\,mh\,\mathrm{sh}\,my}{\mathrm{sh}\,mh\,\mathrm{ch}\,mh + mh}\cos mx,$$

$$N_2 = -\frac{F}{2ae} - \frac{F}{ae}\sum_{i=1}^{i=\infty}\frac{(mh\,\mathrm{sh}\,mh + \mathrm{ch}\,mh)\,\mathrm{sh}\,my - my\,\mathrm{ch}\,mh\,\mathrm{ch}\,my}{\mathrm{sh}\,mh\,\mathrm{ch}\,mh - mh}\cos mx +$$

$$-\frac{F}{ae}\sum_{p=2}^{p=\infty}\frac{(mh\,\mathrm{ch}\,mh + \mathrm{sh}\,mh)\,\mathrm{ch}\,my - my\,\mathrm{ch}\,mh\,\mathrm{ch}\,my}{\mathrm{sh}\,mh\,\mathrm{ch}\,mh + mh}\cos mx,$$

$$T = \frac{F}{ae}\sum_{i=1}^{i=\infty}\frac{mh\,\mathrm{sh}\,mh\,\mathrm{sh}\,my - my\,\mathrm{ch}\,mh\,\mathrm{sh}\,my}{\mathrm{sh}\,mh\,\mathrm{ch}\,mh - mh}\sin mx +$$

$$+\frac{F}{ae}\sum_{p=2}^{p=\infty}\frac{mh\,\mathrm{ch}\,mh\,\mathrm{sh}\,my - my\,\mathrm{sh}\,mh\,\mathrm{ch}\,my}{\mathrm{sh}\,mh\,\mathrm{ch}\,mh + mh}\sin mx,$$

les termes des séries étant supposés additionnés dans l'ordre de leur rang n (successivement pair et impair), lorsque les séries ne sont pas absolument convergentes (frontières).

M. Rogoff a bien voulu calculer les valeurs numériques des tensions horizontales dans la face inférieure sous les points chargés. Je les ai comparées aux tensions qu'auraient données les formules ordinaires de la résistance des matériaux (poutre encastrée chargée en son milieu) et j'ai trouvé qu'il fallait

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 917 et 1103.

multiplier ces dernières par les coefficients de réduction suivants :

Pour $a = 10h$	0,95
» $a = 5h$	0,88
» $a = 2h$	0,53

ce qui correspond à des poutres posées pour lesquelles $a = 5h$, $a = 2,5h$ et $a = h$ puisque N_1 s'annule pour $x = 0,5a + ka$. On peut d'ailleurs contrôler ces résultats en appliquant sur la face supérieure d'une poutre indéfinie des forces alternativement $+F$ et $-F$, la face inférieure étant libre. On obtient des formules qui ne diffèrent des précédentes qu'en ce que p est remplacé par i et que le terme $-\frac{F}{2ae}$ disparaît dans N_2.

On peut, sans plus de difficulté, calculer les tensions dans les cas de charges dissymétriques, mais les formules sont plus compliquées.

J'avais déjà essayé en 1907 d'obtenir des renseignements par des mesures de double réfraction accidentelle du verre. On avait pris un barreau de verre ayant pour épaisseur 28^{mm}, pour hauteur 30^{mm} et pour longueur entre appuis 170^{mm}, ce qui correspondait à $h = 5,57a$. On le chargeait au milieu de sa longueur. Il n'était malheureusement pas possible de mesurer la différence de marche dans la face inférieure même, mais seulement à $0^{mm},6$ au-dessus en utilisant un compensateur de Jamin. Il fallait multiplier le résultat du calcul par 0,937 pour reproduire le résultat expérimental. On devait s'attendre à trouver un résultat expérimental et par suite un coefficient un peu trop petit à cause de la pression verticale existant au point où la mesure avait été faite, pression qui avait été négligée.

ASTRONOMIE. — *Méthode pour obtenir les coordonnées géographiques à une hauteur quelconque de l'astre.* Note de M. **Antonio Cabreira**.

Avant le coucher du Soleil. — δ, α, z et φ étant la déclinaison, la hauteur, l'azimut de l'astre et la latitude du lieu, on a

$$\sin\delta = \sin\varphi \sin\alpha + \cos\varphi \cos\alpha \cos z. \tag{1}$$

Cette formule ne peut donner la latitude et la déclinaison, car c'est une équation à deux inconnues. De plus, elle ne détermine pas la première, même la seconde étant connue, puisqu'on ne peut isoler φ. Toutefois, en

divisant les deux membres par $\cos\delta$, il vient

$$(2) \qquad \frac{\sin\delta}{\cos\varphi} = \operatorname{tang}\varphi \sin\alpha + \cos\alpha \cos z.$$

Mais, si nous faisons $\alpha = 0$, il en résulte

$$(3) \qquad \frac{\sin\delta}{\cos\varphi} = \cos z_0,$$

z_0 étant l'azimut au lever et au coucher.

En comparant alors (2) et (3), nous obtenons

$$\operatorname{tang}\varphi \sin\alpha + \cos\alpha \cos z = \cos z_0,$$

d'où

$$(4) \qquad \varphi = \operatorname{arc\,tang} \frac{\cos z_0 - \cos\alpha \cos z}{\sin\alpha}.$$

De la formule

$$\operatorname{tang} z = \sin\varphi \operatorname{tang} P$$

ou

$$(5) \qquad P = \operatorname{arc\,tang} \frac{\operatorname{tang} z}{\sin\varphi},$$

P étant l'angle au pôle, dans le cas où l'astre est le Soleil, on tire, en mettant l'heure civile h en fonction de P,

$$(6) \qquad h = 12\left(1 + \frac{\operatorname{arc\,tang} \dfrac{\operatorname{tang} z}{\sin\varphi}}{180^\circ}\right).$$

Donc, λ et H représentant la longitude du lieu et l'heure civile du méridien initial, nous déterminons cette coordonnée géographique par

$$(7) \qquad \lambda = 15^\circ(H - h).$$

Après le coucher du Soleil. — D'après (6) l'heure h_c du coucher du Soleil sera

$$(8) \qquad h_c = 12\left(1 + \frac{\operatorname{arc\,tang} \dfrac{\operatorname{tang} z_0}{\sin\varphi}}{180^\circ}\right).$$

Une fois fixée la valeur de z_0, du coucher, et, plus tard, en observant les azimuts, au lever et à une hauteur quelconque d'un autre astre, nous calculons φ au moyen de (4) et par conséquent h_c au moyen de (8).

Donc, connaissant le temps écoulé depuis le coucher du Soleil jusqu'au moment où l'on a observé la hauteur indiquée, on obtient l'heure à ce moment et, par conséquent, la longitude au moyen de (7).

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations des Pléiades au photomètre hétérochrome de l'Observatoire de Paris et sur une méthode nouvelle pouvant permettre de déterminer par la photométrie les parallaxes stellaires.* Note de MM. **Charles Nordmann** et **C. Le Morvan.**

Nous avons observé systématiquement à diverses reprises, depuis deux ans, les principales étoiles des Pléiades au moyen du photomètre hétérochrome de l'Observatoire [1]. Ces observations ont confirmé [conformément à ce qui résultait des nombres publiés par Miss Mc Williams Parsons [2]] que l'accroissement du « color-index » de ces étoiles, qui se produit au delà de la septième grandeur, n'est pas sensible de la deuxième à la septième grandeur.

Par contre, nos observations ont mis en évidence un fait nouveau qui paraît important et qui ressort du Tableau suivant où sont résumées nos observations. Dans ce Tableau les étoiles sont indiquées par leur désignation de la *Bonner Durchmusterung* (B. D.). Leurs grandeurs photométriques sont celles qu'a fournies Miss Mc Williams Parsons dans son travail récent. Nous appelons R, B et V, conformément à notre terminologie habituelle, les intensités lumineuses des étoiles vues respectivement à travers les écrans rouge bleu et vert du photomètre hétérochrome. $\log \frac{B}{R}$ indique donc, à une constante près, et pour chaque étoile, le logarithme du rapport des intensités de l'étoile observée respectivement à travers les écrans bleu et rouge de l'appareil; $\log \frac{B}{V}$ indique pareillement le logarithme du rapport des intensités observées à travers les écrans bleu et vert.

(1) Rappelons que les écrans bleu et vert, à travers lesquels nous observons sous une épaisseur de 5^{mm} les étoiles dans notre appareil, ont la composition suivante :

Écran vert : vert naphtol, $2^g,0$; tartrazine, $2^g,5$; bleu carmin, $0^g.5$; eau, 6250^g.

Écran bleu : sulfate de cuivre cristallisé, 20^g; eau et ammoniaque q. s., 375^g.

Quant à l'écran rouge, qui était fait de 1^g de rouge de Hœchst pour 500^g d'eau, nous avons dû renoncer à retrouver, à la suite de la guerre, ce produit. Le liquide que nous utilisons maintenant, comme écran rouge, a la composition suivante, que nous avons étudiée de manière à obtenir exactement la même courbe de transparence qu'à travers notre écran rouge antérieur :

Écran rouge : Rapid Filterrot fur photographische Zwecke (Meister, Lucius und Brüning, Hoechst). 1^g; eau, 175^g.

(2) *Astrophysical Journal*, t. 47, p. 38-45.

Pour exprimer ces rapports en grandeurs stellaires photométriques il suffit de les multiplier par le facteur 2,5.

La dernière colonne du Tableau ci-dessous exprime les valeurs du rapport $y = \frac{\log \frac{B}{R}}{\log \frac{B}{V}}$ telles qu'elles résultent de l'ensemble de nos observations.

Les valeurs de $\log \frac{B}{R}$ étant sensiblement du même ordre de grandeur pour les étoiles étudiées qui appartiennent à des types spectraux très voisins, il s'ensuit que le rapport y fournit une indication sur la forme de la courbe des intensités d'un bout à l'autre du spectre visible, pour les étoiles considérées. Si la valeur de y est, toutes choses égales d'ailleurs, plus grande pour une étoile A que pour une étoile B, cela signifie que dans l'étoile A l'intensité relative, lorsqu'on parcourt le spectre visible, en partant du rouge vers le violet, croît plus rapidement que dans l'étoile B entre le rouge et le vert, et moins rapidement au contraire entre le vert et le violet.

Les valeurs ci-dessous de y ont été obtenues, en posant conventionnellement comme égaux à l'unité les rapports $\frac{B}{R}$ et $\frac{B}{V}$ qui correspondent à l'étoile artificielle servant de source de comparaison dans le photomètre hétérochrome. C'est donc la marche de y dans le tableau suivant et non leurs valeurs absolues qu'il convient de considérer.

Voici maintenant le Tableau qui résume nos résultats pour les vingt-deux étoiles que nous avons systématiquement observées dans les Pléiades. Les étoiles y sont rangées dans l'ordre des éclats décroissants :

Nom de l'étoile B. D.	Spectre Haward.	Grandeur visuelle.	$y = \frac{\log \frac{B}{R}}{\log \frac{B}{V}}$.
+23°,541........	B 5	2,94	2,14
23,557........	B 8*p*	3,73	2,41
23,507........	B 5	3,76	2,48
23,516........	B 5	3,93	2,62
23,522........	B 5	4,28	2,46
+24,547........	B 5	4,34	2,38
23,558........	B 8*p*	5,15	2,33
23,505........	B 5	5,53	2,36
22,563........	B 8	5,59	2,73
24,546........	B 8	5,73	2,40
+24,553........	B 8	5,83	2,35
23,563........	B 8	6,23	2,63

Nom de l'étoile B. D.	Spectre Haward.	Grandeur visuelle.	$y = \frac{\log \frac{B}{R}}{\log \frac{B}{V}}$
23,536........	A o	6,24	2,50
23,556........	F o	6 56	3,28
24,556........	B 8	6,47	2,98
+23,561........	B 9	6,66	3,10
23,569........	B 9	6,82	2,59
24,562........	B 9	6,88	3,31
23,540........	B 9	6,93	3,21
23,537........	A o	7,04	3,58
+23,538........	B 9	7,19	3,37
23,560........	A o	7,54	3,03

Si l'on construit une courbe représentative au moyen des chiffres des deux dernières colonnes de ce Tableau il en ressort avec évidence, comme d'ailleurs de l'inspection même du Tableau, que la valeur de y est nettement fonction de la grandeur visuelle des étoiles et augmente à mesure que celles-ci diminuent d'éclat.

Étant donné que les Pléiades constituent un groupe d'astres physiquement liés, c'est-à-dire situés sensiblement à la même distance de la Terre, on peut en conclure :

La valeur du rapport y, pour l'ensemble des étoiles étudiées augmente à mesure que la grandeur absolue des étoiles diminue.

L'interprétation théorique de ce fait est probablement en rapport avec la remarque faite récemment par Adams et Joy [1] qu'une grande luminosité intrinsèque, une *grandeur absolue* considérable est associée dans les étoiles à une faible densité de l'atmosphère absorbante de ces étoiles. Cette remarque cadre fort bien avec le fait résultant du Tableau ci-dessus et d'où il ressort que la décroissance de l'intensité dans le spectre devient proportionnellement plus rapide vers l'extrémité réfrangible du spectre pour les étoiles les moins brillantes. Tel devrait effectivement être le cas si la moindre luminosité de ces étoiles provenait d'une atmosphère plus absorbante.

Quoi qu'il en puisse être de cette interprétation, le fait nouveau qui ressort de nos mesures est que, pour les étoiles étudiées, il existe un rapport net, mis en évidence par la photométrie hétérochrome, entre la répartition de l'intensité dans leur spectre visible et leur grandeur absolue.

---

(1) *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 8, july 1922, p. 176.

S'il y a là un fait général — ce que nous recherchons actuellement — et non pas seulement un fait spécial au groupe stellaire étudié, le photomètre hétérochrome fournira un moyen simple et nouveau de déterminer les grandeurs absolues, c'est-à-dire les parallaxes des étoiles.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Circulation superficielle.* Note de M. **P. Noaillon**, présentée par M. Hadamard.

M. Pascal a démontré (¹) que lorsqu'un solide se meut avec une vitesse constante $\vec{V}$ dans un liquide parfait, indéfini, primitivement au repos et soustrait à l'action de la pesanteur, la résultante des pressions exercées par le fluide est un vecteur égal au produit vectoriel de $\vec{V}$ par la *circulation superficielle* $\vec{C}$. Cette dernière expression est un vecteur défini par l'intégrale superficielle

$$\vec{C} = \int (\vec{v} \wedge \vec{n})\, dS,$$

$\vec{v}$ représentant la vitesse du liquide, $\vec{n}$ un vecteur unitaire suivant la normale intérieure. L'intégrale doit être étendue à une surface fermée S enveloppant le corps solide.

Le théorème que nous allons établir montre que cette expression est nulle, de sorte que le résultat de M. Pascal peut être complété en disant que la résultante des pressions est *nulle*, l'action du fluide se réduisant à un couple.

La forme actuelle de notre théorème et sa démonstration nous ont été suggérées en grande partie par les observations de M. Hadamard (cours du Collège de France).

Théorème. — *Si, sur une surface fermée* S *et dans son voisinage immédiat, le vecteur* $\vec{v}$ *est fini, continu et irrotationnel, sa circulation superficielle*

$$\vec{C} = \int (\vec{v} \wedge \vec{n})\, dS$$

(*intégrale étendue à toute la surface fermée* S) *sera nulle.*

Dans cet énoncé, la surface fermée S et la frontière du champ continu

(¹) *Atti dei Lincei*, 1921, 1er semestre, p. 249).

irrotationnel pourront avoir une connexion quelconque. Elles pourront être composées d'anneaux enchevêtrés, etc.

Démonstration. — Remarquons d'abord que la valeur de $\vec{C}$ ne changera pas si l'on déforme la surface S sans sortir du champ où $\vec{v}$ est continu et irrotationnel, car on sait que l'accroissement de $\vec{C}$ est alors égal à $\int(\text{rot}\,\vec{v})\,d\tau$ étendue au volume compris entre l'ancienne surface S et la nouvelle, volume dans lequel $\text{rot}\,\vec{v} = 0$.

Nous allons montrer que la composante C_z, du vecteur $\vec{C}$ suivant l'axe des z, est nulle.

Soit M un point quelconque de S; le plan horizontal, $z = \text{const.}$, mené par M, découpe sur S une ligne horizontale que nous désignerons par H_z; elle sera composée d'une ou plusieurs courbes fermées. Nous désignerons par dH un élément de longueur sur cette ligne dans le voisinage de M.

Par le point M menons sur la surface S une ligne P orthogonale aux horizontales H_z, c'est-à-dire une ligne de pente de S. Nous désignerons par dP un élément de longueur sur cette ligne dans le voisinage de M.

L'élément de surface dS pourra s'exprimer par

$$dS = dH\,dP$$

et nous aurons

$$Cz = \int_S (\vec{v} \wedge \vec{n})_z\,dH\,dP.$$

Décomposons le vecteur $\vec{v}$ passant par M en trois composantes rectangulaires :

$\vec{v}_N$ normale à la surface S;

$\vec{v}_H$ tangente à l'horizontale H_z;

$\vec{v}_P$ tangente à la ligne de pente P.

Nous aurons

$$v \wedge n = (\vec{v}_N \wedge \vec{n}) + (\vec{v}_H \wedge \vec{n}) + (\vec{v}_P \wedge \vec{n}).$$

On a d'abord

$$\vec{v}_N \wedge \vec{n} = 0;$$

ensuite $\vec{v}_P \wedge \vec{n}$ est un vecteur horizontal dont la projection sur z est nulle; enfin $\vec{v}_H \wedge \vec{n}$ est un vecteur tangent à P dont la longueur est v_H; donc

$$(\vec{v} \wedge \vec{n})_z = (\vec{v}_H \wedge \vec{n})_z = v_H \cos(Pz).$$

et par conséquent

$$C_z = \int_S v_H \cos(Pz)\, dH\, dP,$$

mais

$$\cos(Pz)\, dP = dz;$$

donc, en désignant par z_1 et z_2 le minimum et le maximum de z sur la surface S, on a

$$C_z = \int_{z_1}^{z_2} dz \int v_H\, dH.$$

L'intégrale $\int v_H\, dH$ doit être étendue à toute la ligne horizontale H_z. C'est la somme algébrique des circulations linéaires le long des courbes fermées qui composent H_z. Nous désignerons cette somme par γ_z. On a donc

$$C_z = \int_{z_1}^{z_2} \gamma_z\, dz.$$

Quand le plan horizontal se déplace de $z = z'$ en $z = z''$ la ligne H_z engendre une portion ΔS de la surface S. En appliquant le théorème de Stokes à cette portion ΔS, sur laquelle nous savons que $\vec{v}$ est irrotationnel, nous obtenons $\gamma_{z'} - \gamma_{z''} = 0$. Autrement dit γ_z est indépendant de z. Donc

$$C_z = \int_{z_1}^{z_2} \gamma_z\, dz = \gamma_z(z_2 - z_1).$$

Mais, en modifiant légèrement la surface S, nous pouvons faire varier $(z_2 - z_1)$ et pourtant C_z ne doit pas changer, non plus que γ_z.

Il faut donc que $\gamma_z = 0$ et par conséquent $C_z = 0$. C. Q. F. D.

Remarque de M. **Hadamard** *sur la Communication précédente.*

La relation si simple obtenue par M. Noaillon (et qui peut également s'établir par transformation en intégrales de volume) a, dans une des récentes réunions du Collège de France, reçu un nouveau complément de M. Vergnes, lequel a donné une expression analogue à celle de M. Pascal pour le couple auquel se réduit l'action cherchée. Ce couple a une composante nulle suivant la direction du mouvement.

MÉTROLOGIE. — *Étude de quelques radiations du mercure et du krypton, en vue de leurs applications à la métrologie.* Note de M. **Albert Pérard**, présentée par M. J. Violle.

Les mêmes raisons qui m'avaient fait exécuter l'étude détaillée de certaines raies du néon [1] m'ont conduit à entreprendre un travail semblable sur quelques radiations du mercure et du krypton, les unes et les autres d'un intérêt capital pour les usages métrologiques.

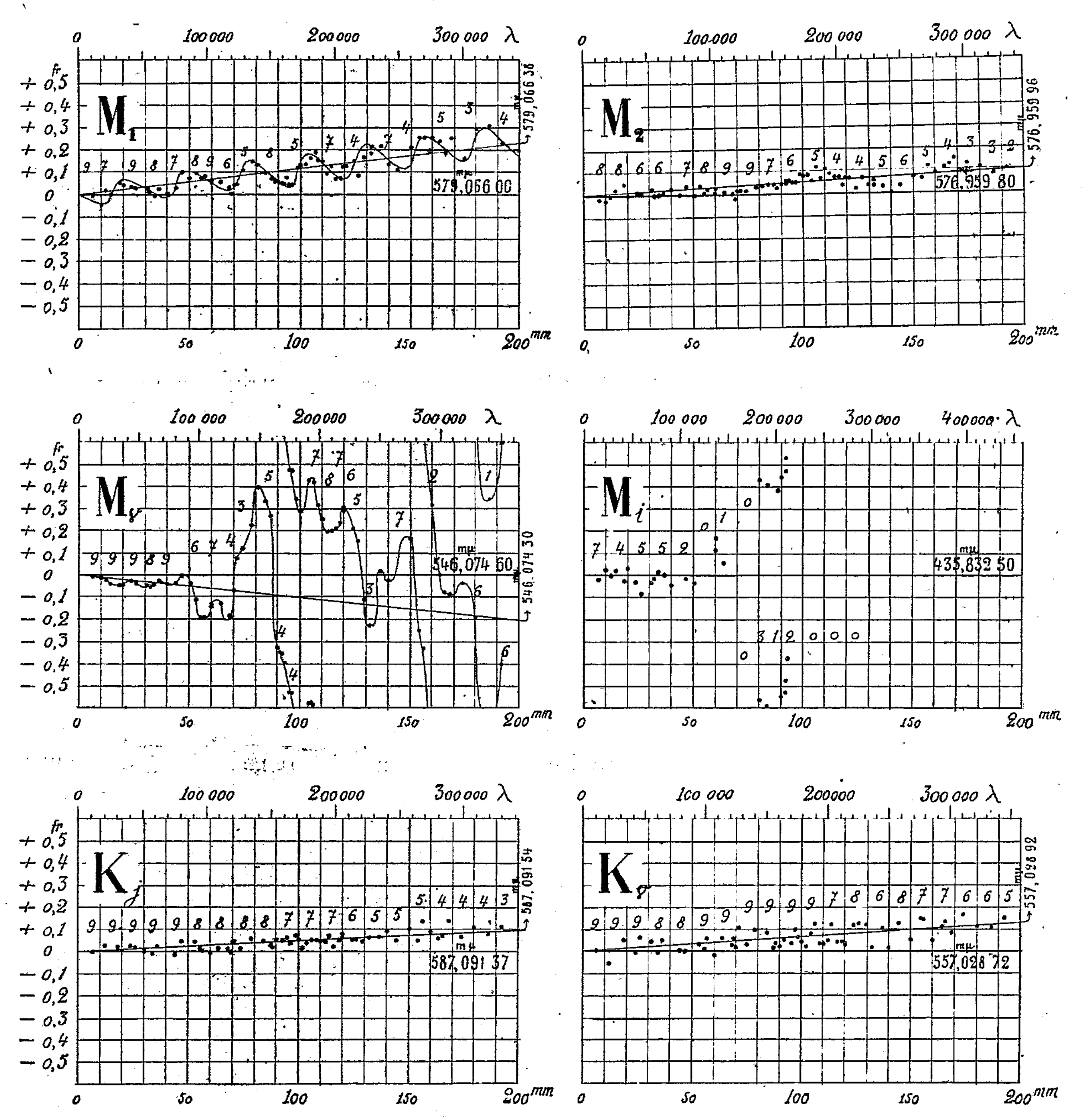
Les quatre raies les plus intenses du spectre visible du mercure ont été étudiées par divers auteurs; mais, d'une part, il existait, comme pour le néon, entre les valeurs attribuées à une même longueur d'onde, des discordances supérieures aux erreurs possibles des observations, et dues vraisemblablement à l'influence des satellites; d'autre part, les amplitudes relatives des différentes composantes, ainsi que les données concernant les satellites trop faibles d'intensité ou trop voisins de la composante principale, n'étaient pas connues de façon assez précise pour permettre de calculer les corrections résultantes, applicables aux phénomènes d'interférence produits à toute différence de marche par la radiation entière. Les raies verte et jaune du krypton avaient été recommandées dès 1914 par MM. Buisson et Fabry, comme capables de produire des interférences visibles jusqu'à des différences de marche considérables. Les présentes expériences ont précisé pour toutes ces radiations la longueur d'onde de la composante principale, et fixé les corrections de satellites à toutes différences de marche entre 0 et 200^{mm}.

La lampe à mercure employée était une lampe Cooper-Hewitt. La lampe à krypton (krypton sous pression de 4^{mm} de mercure dans un tube à électrodes de platine) était due à l'extrême obligeance de M. Lepape.

Les graphiques ci-contre représentent en détail les résultats d'un grand nombre de comparaisons de ces longueurs d'onde avec celle de la raie rouge du cadmium (écarts de l'excédent fractionnaire *observé* par rapport à celui de l'ordre d'interférence *calculé* au moyen de la valeur de la longueur d'onde précédemment admise et inscrite sur l'axe des x). La proportionnalité des écarts à la différence de marche indique qu'il convient de modifier la valeur primitive de la longueur d'onde admise provisoirement pour le calcul.

---

[1] *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 375.



M_1, M_2, M_v, M_i, raies du mercure; K_j, K_v, raies du krypton. En abscisse, ordre d'interférence, ou différence de marche dans l'air; en ordonnée, correction nécessaire pour réduire un excédent fractionnaire observé, à la valeur calculée au moyen de la longueur d'onde notée sur l'axe des x. Les chiffres, inscrits au-dessus des points représentatifs des expériences, expriment la visibilité des franges évaluée de 0 à 10.

On adoptera ainsi les valeurs suivantes qui paraissent bien correspondre à la composante principale : M_1, $579^{m\mu},06638$; M_2, $576^{m\mu},95996$; M_v, $546^{m\mu},07430$; M_i, $435^{m\mu},83250$; K_{jv}, $587^{m\mu},09154$; K_{vj}, $557^{m\mu},02892$. Avec ces valeurs-ci, les corrections, sauf pour M_v et quelque peu M_{ij}, ne dépassent pas 0,07 frange jusqu'à la limite de visibilité des interférences. L'analyse détaillée de la périodicité plus ou moins complexe de chaque courbe de correction permet de déterminer avec précision les satellites : longueur d'onde et intensité; par exemple, la courbe caractéristique de M_1 met bien en évidence le satellite le plus intense : $\lambda = 579^{m\mu},05423$; amplitude, $\frac{1}{10}$ de la radiation principale. Toutefois, dans K_j et K_v, la périodicité est si courte que les points donnent l'impression d'être dispersés au hasard autour de la droite moyenne; les deux satellites de faible intensité que présente semblablement chacune de ces radiations sont donc assez écartés de la composante principale [$587^{m\mu},988$ et $586^{m\mu},675$ (non encore signalé) pour K_j; $556^{m\mu},222$ et $558^{m\mu},028$ (non encore signalé) pour K_v retrouvés par une étude accessoire à l'interféromètre Fabry-Pérot]; ils ne pourraient cependant être éliminés par dispersion qu'au prix d'une grande perte de lumière.

Enfin, l'on peut remarquer que parmi toutes les radiations comparées au rouge du cadmium (néon, mercure, krypton) et n'appartenant pas au cadmium, aucune ne se comporte comme simple et symétrique; et que celles d'entre elles où les satellites n'ont que faible intensité, K_j, K_v, M_2, M_1, paraissent dans l'ensemble indiquer toutes une légère courbure vers le haut. Dans ces raies, il serait nécessaire d'apporter un soin tout particulier, comme en acoustique on doit laisser de côté certaines combinaisons déplaisantes à l'oreille.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'étincelle d'ordre supérieur.* Note de MM. **Léon** et **Eugène Bloch**, présentée par M. Brillouin.

Dans une Note parue sous ce titre (*Comptes rendus*, t. 153, p. 833), nous avons donné pour la première fois une méthode permettant d'analyser un spectre d'étincelle en plusieurs spectres de nature distincte, aussi différents entre eux que le spectre d'arc peut l'être du spectre d'étincelle. Nous avons proposé d'appeler ces spectres *spectre d'étincelle du premier ordre* et *spectres d'étincelle d'ordre supérieur.*

Le résultat qui précède a été obtenu, comme nous l'avons dit, par un

emploi convenable de la décharge de haute fréquence dans un tube sans électrode, d'après la méthode découverte par J.-J. Thomson. La méthode de J.-J. Thomson a déjà été utilisée à diverses fins par beaucoup de physiciens, parmi lesquels on peut citer Wachsmuth et Winawer, Masson, de Kowalski, Hagenbach et Frey, Hagenbach et Schumacher, Dunoyer, Mac Lennan et Robertson.

M. Dunoyer a formulé (*Comptes rendus*, t. 153, p. 933) une réclamation de priorité touchant la conclusion de notre travail, conclusion que nous reproduisons ici : « En résumé, nous avons indiqué une méthode d'analyse des spectres d'étincelle et nous avons appliqué cette méthode au cas du mercure. »

Nous n'avons trouvé dans les publications de M. Dunoyer aucune donnée expérimentale ni même aucune suggestion concernant la possibilité de décomposer un spectre d'étincelle en spectres de catégories différentes.

Le résultat nouveau de notre travail est précisément cette décomposition d'un spectre d'étincelle en plusieurs spectres distincts se développant l'un après l'autre. Il paraît difficile d'admettre que M. Dunoyer ait indiqué le premier une méthode d'analyse permettant de séparer des spectres qu'il n'a plus reconnus expérimentalement et dont il n'a même pas spécifié l'existence.

SPECTROSCOPIE. — *Séries spectrales et potentiels d'ionisation et de résonance du chrome et du molybdène.* Note de M. **M.-A. Catalan**, présentée par M. A. de Gramont.

Nous avons fait connaître dans une première Communication [1] deux systèmes parallèles A et B de séries de triplets dans le spectre d'arc du chrome. Nous avons donné dans une autre Note [2] un système A de séries de triplets du spectre d'arc du molybdène. Dans la présente Communication nous faisons connaître le système B de séries de triplets du molybdène parallèle au système A, système B qui se trouve dans la Table III :

(1) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 84.
(2) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 247.

TABLE III. — *Système* B.

Série principale $1s - mp^b$.

$1s = 57420,41$

λ.	Int.	ν.	Δν.		$mp^b_{1,2,3}$.
3132,591	30R	31913,24			25507,17
			379,90		
70,333	20R	533,34		(1)	25887,07
			233,35		
93,969	15R	299,99			26120,42

Série étroite $2p^b - ms$.

$2p^b_1 = 25507,17$; $2p^b_2 = 25887,07$; $2p^b_3 = 26120,42$.

λ.	Int.	ν.	Δν.		ms.
—3132,591	30R	—31913,24			
			379,90		
—3170,333	20R	—31533,34		(1)	57420,21
			233,35		
—3193,969	15R	—31299,99			
[12880	calc.	7762,4			
			379,9		
12279	calc.	8142,3		(2)	17744,94
			233,4		
11936]	calc.	8375,7			

Série diffuse $2p^b - 3d$.

$2p^b_1 = 25507,17$; $2p^b_2 = 25887,07$; $2p^b_3 = 26120,42$.

λ.	Int.	ν.	Δν.	m.	md.
[7670,01]	calc.	13034,2			
			9,8		
64,24	1	044,03			
			12,78		
56,74	4	056,81			
			379,96		$3d_1 = 12450,50$
7456,65	1	13407,16			$3d_2 = 463,29$
			6,87		
52,83	2	414,03		(3)	$3d_3 = 473,09$
			9,96		
47,30	2	423,99			$3d_4 = 480,01$
			233,39		$3d_5 = 484,64$
7331,51	2	13636,00			
			4,67		
29,00	2	640,67			
			6,75		
25,37	1	647,42			

Il faut remarquer que le terme diffus est aussi quintuple et pourtant les triplets diffus sont formés de $9(3+3+3)$ composantes.

Outre ces deux systèmes de triplets nous trouvons dans le molybdène, comme nous l'avons montré dans le chrome, quelques *multi-triplets* (¹) qui ont les mêmes quatre séparations 487.7, 404.1, 311.6, 176.9.

Un de ces multi-triplets est le suivant, qui se trouve placé entre λ5662

(¹) *Phil. Trans.* A, t. 223, 1922, p. 127; *An. Soc. Esp.*, t. 20, 1922, p. 606.

et λ5931 et dont voici les nombres d'ondes ν, leurs différences Δν, et les intensités des raies, entre parenthèses.

ν.	Δν.	ν.	Δν.	ν.	Δν.	ν.	Δν.	ν.
				(15) 17260,8	311,6	(10) 17572,4	176,9	(12) 17749,3
				121,4		121,4		
		(25) 16978,1	404,1	(16) 17382,2	311,6	(10) 17693,8		
		87,0		87,0				
(30) 16577,4	487,7	(10) 17065,1	404,1	(8) 17469,2				

Il est intéressant de remarquer que les séparations 121,4 et 87,0 de ces multiplets sont les séparations d'un système de triplets étroits que nous faisons connaître dans une prochaine Note et que le premier membre de la série principale de ce système est constitué par les trois raies λ5570,6, λ5533,0 et λ5506,4 qui sont désignées comme *raies ultimes* dans les Tables de Gramont (¹). Ceci confirme une fois de plus la prévision de M. A. de Gramont (²) « que les raies ultimes appartiennent à des séries principales dont elles forment les premiers termes ».

Au moyen des termes $1s$ du chrome et du molybdène (54640,9 et 57420,4) on trouve pour les potentiels d'ionisation de ces éléments les valeurs 6,7 et 7,1 volts respectivement. Les potentiels des premières résonances, calculées à partir des triplets λ4254, 4275, 4290 et λ3798, 3864, 3902 sont 2,89 et 3,19 volts pour le chrome et le molybdène.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Détermination du carbone et de l'hydrogène par l'emploi du mélange d'acide sulfurique et de bichromate d'argent.* Note de MM. **L.-J. Simon** et **A.-J.-A. Guillaumin**.

Un nombre assez considérable de substances organiques sont entièrement brûlées à 100° par le mélange d'acide sulfurique et d'anhydride chromique; pour ces substances nous avons indiqué (³) une technique permettant d'apprécier leur teneur en carbone et hydrogène. D'autres substances qui résistent plus ou moins à ce mélange peuvent être brûlées par l'emploi du chromate d'argent, ou plus exactement du bichromate $Cr^2O^7Ag^2$. A ces

(¹) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 1106.
(²) *Comptes rendus*, t. 151, 1910, p. 30; t. 175, 1922, p. 1025, et t. 176, 1923, p. 216.
(³) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 525.

substances est applicable la méthode suivante dont nous avons déjà énoncé brièvement le principe (*loc. cit.*). Ce principe est le suivant :

Un poids connu p de substance est brûlé grâce à l'emploi d'une quantité suffisante et pesée P de bichromate d'argent : une mesure de volume fournit la teneur en carbone. Soit π le poids de CO^2 produit; la proportion centésimale de carbone dans la substance est donc $\frac{3}{11}\frac{\pi}{p}100$.

Dans une seconde expérience on soumet le résidu à l'action d'une substance carbonée convenablement choisie et en particulier aisément combustible : une nouvelle mesure de volume fournit le gaz carbonique produit : soit π' le poids correspondant. Il est facile d'établir expérimentalement une relation entre ce poids et celui du bichromate d'argent qui lui correspond. Si l'on désigne par α le poids de CO^2 qui correspond à 1^g de $Cr^2O^7Ag^2$ $\frac{\pi'}{\alpha}$ sera le poids de bichromate employé à la seconde oxydation. La différence $P - \frac{\pi'}{\alpha}$ représente le poids de bichromate employé à brûler la substance initiale. Par un calcul très simple qui ne peut être développé ici, on en conclut à la proportion centésimale en hydrogène $\frac{9(p-\pi)+P-\frac{\pi'}{\alpha}}{81p}100$.

A titre d'exemples nous avons appliqué cette méthode à un certain nombre de substances assez éclectiquement choisies. Aucune de ces substances, sauf la vanilline, n'est complètement brûlée à 100° par le mélange d'acide sulfurique et d'anhydride chromique; d'autre part nous avons laissé de côté provisoirement les substances azotées.

		C pour 100.		H pour 100.	
		Trouvé.	Calculé.	Trouvé.	Calculé.
Naphtaline	$C^{10}H^8$	92,9	93,75	5,97	6,25
Acétate de strontium	$(CH^3-CO^2)^2Sr\frac{1}{2}H^2O$	22,2	22,35	3,06	3,26
Pyruvate d'éthyle	$CH^3-CO-CO^2C^2H^5$	51,2	51,7	6,4	6,9
Glycolate de butyle	$CH^2OH-CO^2C^4H^9$	53,8	54,5	9,05	9,10
Rhamnose	$CH^3-(CHOH)^4-COH.H^2O$	39,2	39,5	7,63	7,68
Acétine de l'inosite	$(CH-O-CO-CH^3)^6$	49,5	50,0	5,40	5,55
Aspirine	$C^6H^4(OCOCH^3)CO^2H$	59,6	60,0	4,28	4,44
Vanilline	$C^6H^3(OH)(OCH^3)COH$	62,4	63,1	4,72	5,26
p-crésolsulfonate de méthyle	$C^6H^3CH^3(OH)SO^3CH^3$	47,0	47,5	5,08	4,95
Thymol	$C^6H^3(OH)CH^3C^3H^7$	79,8	80,0	9,25	9,45

Pratiquement on ne mesure pas de volumes gazeux, mais on remplace la mesure de volume par une mesure de pression appliquée à des volumes

ramenés à des valeurs constantes de 100^{cm^3} ou 200^{cm^3}. Il en résulte une modification de l'appareil habituellement employé à ces recherches.

La difficulté était de trouver la substance propre à apprécier par sa combustion l'excès de bichromate d'argent. Cette substance devait être facile à obtenir pure et à conserver, sans action sur le mélange d'acide sulfurique concentré, de sulfate d'argent et d'oxyde de chrome et oxydable à l'état de CO^2 et H^2O sans intermédiaire. Réunies assez complètement dans le méthylsulfate de potassium, ces qualités nous ont imposé son choix.

Peut-être trouvera-t-on plus tard une substance plus parfaite encore pour ce rôle? Théoriquement une molécule de bichromate oxyde complètement une molécule de méthylsulfate et par suite le coefficient α serait 0,102. Il a été cependant déterminé expérimentalement parce que malgré l'aptitude spéciale du méthylsulfate une partie d'ailleurs très faible de son carbone est transformée seulement en CO. Le coefficient α s'en trouve donc augmenté : il était de 0,108 dans nos expériences; il doit être déterminé empiriquement car il dépend du poids de bichromate mis en œuvre. Ce poids était d'environ 6^g, par conséquent inférieur à la dose employée jusqu'ici dans nos expériences mais encore en excès par rapport aux nécessités. Cet abaissement a cependant comme conséquence d'imposer une prolongation de la durée d'action à 100° : 20 minutes au lieu de 4. Au total la durée d'une opération complète ne dépasse pas une heure et demie.

Si dans la seconde expérience, alors que l'oxydant est déficitaire, on observe une petite quantité d'oxyde de carbone, il est clair que ceci ne se produit pas d'une manière appréciable dans la première expérience sans quoi les résultats trouvés et calculés ne seraient pas aussi concordants.

Remarque. — Le bichromate d'argent employé a été préparé comme antérieurement en précipitant une solution d'anhydre chromique pur par du nitrate d'argent; l'obligation dans les expériences actuelles d'en connaître la composition nous a amené à vérifier (¹) qu'après lavage et dessiccation, il a exactement la composition $Cr^2O^7Ag^2$ établie d'une part par le dosage de l'argent après fusion alcaline et d'autre part par le dosage volumétrique de CrO^3.

En résumé, on peut espérer que cette technique avec ses avantages de simplicité et de rapidité et malgré ses petites imperfections, se substituera progressivement à la méthode classique à mesure que la zone d'applicabilité pourra en être étendue.

(¹) Cette observation comporte une rectification de la formule du chromate d'argent explicitée dans les Notes antérieures de l'un de nous.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Quelques dérivés de la glycérine*

$CH^2OH.CHOH.C \equiv C.CH^2OH$.

Note de M. LESPIEAU, présentée par M. Haller.

Alors que l'on a déjà préparé de nombreux glycols acétyléniques, on ne connaît encore aucune glycérine dans la formule de laquelle on soit amené à faire figurer une triple liaison. J'avais espéré arriver à un corps de ce genre en prenant comme point de départ une chlorhydrine que l'on aurait obtenue en attaquant par l'aldéhyde monochlorée le dérivé magnésien mixte de l'alcool propargylique. Ce dérivé, ainsi que nous l'avons montré, M. Viguier et moi [1], fixe, en effet, le gaz carbonique en donnant l'acide attendu, ce qui montre qu'il se prête aux réactions magnésiennes. Les tentatives que j'ai faites dans cette direction ont abouti à un échec, l'aldéhyde qui se polymérise déjà trop facilement quand elle est seule, le fait encore bien plus vite en présence de l'alcoolate magnésien inévitable ici; on retrouve l'alcool mis en œuvre et un goudron inutilisable. Mais en remplaçant l'alcool propargylique par son éther méthylique, j'ai réussi à tourner la difficulté, ce qui m'a permis d'obtenir divers dérivés de la glycérine cherchée. Voici quelques-uns des corps auxquels je suis parvenu dans cette étude :

L'oxyde $\overbrace{CH^2 - CH}^{O} - C \equiv C - CH^2OCH^3$ est un liquide bouillant à 75°-76° sous 15^{mm}. A 26°, sa densité égale 1,024 et son indice pour la raie D 1,4573. Ces nombres impliquent une réfraction moléculaire égale à 29,83; il y a là une certaine exaltation, car la valeur théorique n'est que de 29,1. Le poids moléculaire cryoscopique au sein de l'acide acétique, pour un abaissement de 0°,52 a été trouvé égal à 108, la théorie exigeant 112. L'analyse a indiqué un pourcentage de 64,09 de carbone et de 7,26 d'hydrogène; il faut 64,28 et 7,14.

On obtient ce corps en opérant comme il suit : 12^g de magnésium sont dissous dans la quantité voulue de bromure d'éthyle additionnée d'éther; dans la dissolution on introduit 35^g d'éther méthylpropargylique et, 24 heures après, 40^g d'aldéhyde monochlorée. On abandonne le tout pendant une semaine, puis on ajoute de l'eau acidulée et l'on épuise à

[1] *Comptes rendus*, t. 148, 1909, p. 419.

l'éther. L'extrait auquel on arrive est une masse noire épaisse qui, dans le vide de la trompe à eau, se décompose avant de distiller quand on la porte à 150°. On la dessèche en la maintenant quelque temps à 100° sous 10^{mm}, on la dissout ensuite dans l'éther, et dans sa solution on fait tomber par petites portions de la potasse sèche pulvérisée. On s'arrête quand l'addition de base ne produit plus d'échauffement. La potasse rend insolubles les produits de polymérisation de l'aldéhyde en les résinifiant, et elle transforme en oxyde d'éthylène la chlorhydrine formée dans la réaction. On n'a plus qu'à distiller sous pression réduite ce qui est resté liquide. Le rendement en oxyde est de 20 pour 100 de ce que donnerait l'aldéhyde si la réaction magnésienne et celle de la potasse étaient totales.

La chlorhydrine $CH^2Cl - CHOH - C \equiv C - CH^2OCH^3$, que l'on n'avait pu isoler tout à l'heure, peut être retrouvée si l'on fixe du gaz chlorhydrique sur l'oxyde précédent. C'est un liquide bouillant à 117°,5-118°,5 sous 12^{mm}. A 21°, sa densité est 1,1717 et son indice pour la raie D 1,4866. On déduit de ces nombres une réfraction moléculaire de 36,42, la valeur théorique étant 35,98. Le poids moléculaire en solution acétique, pour 0°,48 d'abaissement, a été trouvé égal à 153; il faut 148,5. Un dosage de chlore a indiqué 24 pour 100 d'halogène au lieu de 23,90.

L'éther $CH^2OCH^3 - CHOH - C \equiv C - CH^2OCH^3$ est un liquide bouillant à 119°-120° sous 12^{mm}. A 23°, sa densité est 1,0508 et son indice pour la raie D 1,4608, d'où une réfraction moléculaire de 37,59, la théorie voulant 37,33. On dérive cet éther de la chlorhydrine précédente par action de l'alcool méthylique sodé, mais il se fait en même temps une quantité importante d'un autre corps. L'analyse de cet éther a indiqué 57,82 de carbone et 8,39 d'hydrogène; il faut 58,33 et 8,33.

Le glycol-éther

$$CH^2OH - CHOH - C \equiv C - CH^2OCH^3$$

est un liquide épais bouillant à 155°-156° sous 12^{mm}. A 22°, sa densité égale 1,1274 et son indice 1,481, d'où une réfraction moléculaire observée de 32,81 au lieu de 32,56. L'analyse a indiqué 55,30 de carbone et 7,39 d'hydrogène; il faut 55,37 et 7,69. On obtient ce corps avec un rendement de 90 pour 100 en maintenant pendant 10 heures à 100° l'oxyde d'éthylène décrit au début de cette Note avec trois fois son poids d'eau.

L'éther

$$CH^2OH - CHOH - CBr = CBr - CH^2OCH^3$$

est un solide fondant à 51°-52° et bouillant vers 192° sous 11^{mm}. Une cryos-

copie acétique, pour un abaissement de 0°,34, a indiqué un poids moléculaire égal à 303, la théorie voulant 290. On a trouvé dans ce corps 55,32 et 54,91 de brome; il faut 55,17. On l'obtient en fixant du brome sur le glycol-éther acétylénique dissous dans le chloroforme. On purifie le produit de cette réaction en évaporant sa solution dans le benzène, ce qui fournit des cristaux soyeux.

Cet éther bromé se laisse déméthyler quand on le maintient à 100° dans un courant d'acide bromhydrique. On recueille alors la quantité voulue de bromure de méthyle, mais le résultat de cette opération ne distille pas sans décomposition dans le vide de la trompe à eau, aussi n'ai-je pu le purifier suffisamment; néanmoins l'analyse montre qu'il se trouve là un mélange de mono et de dibromhydrines de la glycérine

$$CH^2OH - CHOH - CBr = CBr - CH^2OH.$$

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'isoindigotine et l'indine.* Note de MM. **A. Wahl** et **W. Hansen**, présentée par M. A. Haller.

La réaction qui a permis, en 1909 à M. Bagard et à l'un de nous (1), de préparer l'isoindigotine, a attiré depuis l'attention de plusieurs auteurs. C'est ainsi que Stollé (2) a décrit les isoindigotines substituées à l'azote et que Martinet et Dornier (3) ont obtenu un acide isoindigotine-disulfonique. D'autre part, L. Lefèvre (4) et A. Meyer (5) ont exprimé l'opinion que l'isoindigotine pourrait être identique avec l'indine obtenue par Laurent (6), en traitant la disulfisatyde par la potasse caustique.

Cette identité, si elle était établie, présenterait le grand intérêt de fixer la constitution de l'indine et serait susceptible de jeter quelque lumière sur des composés voisins tels que l'hydrindine, l'isatane, la mono et la disulfisatyde, sur la constitution desquels règne encore l'obscurité la plus complète.

Toutefois l'opinion de L. Lefèvre et de A. Meyer, bien que des plus

(1) *Comptes rendus*, t. **148**, 1909, p. 719, et t. **149**, 1909, p. 132.

(2) Stollé, *D. Chem. Ges.*, t. **47**, 1914, p. 2120; *Journ. f. Prakt. Chem.*, t. **105**, 1922, p. 137.

(3) Martinet et Dornier, *Comptes rendus*, t. **172**, 1921, p. 1415.

(4) L. Lefèvre, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. **19**, 1916, p. 111.

(5) A. Meyer, *Comptes rendus*, t. **167**, 1918, p. 1071.

(6) Laurent, *Ann. Chim. et Phys.*, 3e série, t. **3**, 1840, p. 471.

plausibles, ne saurait cependant constituer qu'une présomption puisque la composition même de l'indine n'est pas encore établie d'une manière certaine.

En effet, dans son Mémoire de 1840, Laurent considérait l'indine comme un isomère du leuco-indigo, mais en 1849, après de nouvelles analyses, assez peu concordantes d'ailleurs, il lui attribua la formule $C^{16}H^{10}O^2N^2$ identique avec celle de l'indigotine. En 1865, Knop (¹), en chauffant le dioxindol au sein de la glycérine, obtint un colorant rouge qu'il considéra comme de l'indine. Pour expliquer les résultats analytiques de Laurent, il admit l'existence de deux indines de composition différente : l'une appelée α-indine $C^{16}H^{10}O^2N^2$ obtenue par lui, l'autre, la β-indine $C^{16}H^{12}O^2N^2$ correspondant à l'indine préparée par Laurent.

Cependant Gerhardt, en rendant compte des travaux de Laurent dans son *Traité de Chimie organique* (²) (1854), écrivait : « L'étude de l'hydrindine et de l'indine est entièrement à reprendre. » Il faut admettre que cette opinion a conservé toute sa valeur, bien que le travail de Knop lui soit postérieur.

Dans ces conditions, nous avons cherché à éclaircir la question et nous avons commencé par soumettre l'indine et l'insoindigotine à une étude comparative. L'indine a été préparée suivant Laurent en traitant la disulfisatyde, humectée d'alcool, par la potasse caustique. Cette réaction, dont le mécanisme n'est pas encore complètement élucidé, fournit un colorant rouge qui, après recristallisation dans l'acide acétique, forme de petits cristaux grenat, brillants, ayant l'aspect de l'isoindigotine. L'analyse conduit à la formule $C^{16}H^{10}O^2N^2$ (trouvé : C pour 100 = 73,21 ; H pour 100 = 3,99 ; N pour 100 = 10,47 ; calculé : C pour 100 = 73,28 ; H pour 100 = 3,80 ; N pour 100 = 10,70). L'indine et l'isoindigotine présentent donc la même composition, qui est celle d'un isomère de l'indigo.

Les deux produits sont peu solubles dans les dissolvants organiques, sauf l'acide acétique bouillant et la pyridine ; ils donnent tous deux avec la potasse caustique un composé brun noir qui, par dilution avec l'eau, régénère le corps primitif, ainsi que l'avait observé Laurent.

Pour identifier les deux produits, ils furent ensuite soumis à la sulfonation afin de comparer les sels des acides sulfoniques. Cette étude nous a

---

(¹) KNOP, *Journ. f. Prakt. Chem.*, t. 97, p. 65 ; *Bull. Soc. chim.*, t. 6, 1866, p. 562.

(²) GERHARDT, *Traité de Chimie organique*, t. 3, 1854, p. 562.

paru nécessaire, car G. et A. Schlieper ([1]) ont décrit un acide indine-disulfonique obtenu au départ de l'acide isatine-sulfonique, et dont les sels cristallisent avec des teneurs en eau qui ne correspondent pas avec celles trouvées dans les sels de l'acide isoindigotine-disulfonique ([2]).

Les résultats de cet examen se trouvent consignés dans le Tableau suivant :

Sel analysé.	Acide isoindigotine-disulfonique.	Acide indine-disulfonique.	Acide indine-disulfonique de Schlieper.
Sel d'argent..........	$2H^2O$	$2H^2O$	anhydre
Sel de baryum........	anhydre	anhydre	$2H^2O$
Sel de potassium.....	$2H^2O$	$2H^2O$	$5H^2O$
Sel de sodium........	$2H^2O$	$2H^2O$	pas décrit

Il y a donc identité complète entre les deux acides disulfoniques, provenant de la sulfonation de l'indine et de l'isoindigotine; par contre, le produit de Schlieper paraît différent.

Enfin l'étude de la réduction nous a fourni un moyen de comparer plus directement les deux colorants eux-mêmes. En ajoutant du zinc en poudre à la suspension du colorant dans l'acide acétique bouillant, la couleur orangée du liquide disparaît progressivement; en versant la solution incolore dans l'eau, il se dépose des flocons cristallins blancs ou rosés qui, purifiés par cristallisation dans l'alcool bouillant, forment des cristaux blancs ou roses fondant à 265°. Leur composition correspond à la formule $C^{16}H^{12}O^2N^2$ qui est celle que Knop attribuait à la β-indine. Dans ces conditions l'indine et l'isoindigotine fournissent le même produit de réduction. Celui-ci est insoluble dans l'eau mais se dissout aisément dans les alcalis caustiques et cette solution incolore ne tarde pas à se recouvrir, à l'air, d'une pellicule écarlate d'isoindigotine. Il s'agit donc d'un véritable leucodérivé, isomère du leuco-indigo ordinaire et pour lequel nous proposons le nom de *leuco-insoindigo*.

De cet ensemble de réactions il résulte que l'isoindigotine est identique avec l'indine de Laurent, dont la constitution se trouve ainsi établie.

([1]) G. et A. Schlieper, *Liebigs Annalen*, t. 120, p. 24.

([2]) A. Wahl et Bagard, *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1383.

LITHOLOGIE. — *Sur les roches recueillies par MM. Chudeau et Villatte dans le Sahara central.* Note [1] de M. **M.-E. Denaeyer.**

Les roches récoltées par R. Chudeau [2] au cours de sa campagne de 1905-1906 dans le Sahara central n'avaient pas encore fait l'objet d'une étude détaillée. Cette collection, déposée au laboratoire de Minéralogie du Muséum d'Histoire naturelle, s'est augmentée des échantillons que M. N. Villatte [3] a rapportés de sa mission de 1904.

Je donne ci-après les conclusions auxquelles m'a conduit leur étude pour les régions naturelles formées par l'*Ahnet*, *In Zize* et les *Tassili du Sud*.

Région de l'Ahnet [4]. — La partie de cette région qui nous occupe est une pénéplaine formée de schistes cristallins que percent quelques massifs éruptifs. Le lot d'échantillons le plus important a été récolté au Sud de *Tin Senasset.* Ce sont des granites, des microganites et des rhyolites alcalins, une diorite à facies lamprophyrique du groupe des Spessartites, un gabbro quartzifère à structure ophitique et des andésites.

Les granites sont uniformément caractérisés par les extinctions roulantes du quartz. Leurs éléments sont parfois de grande taille et les minéraux colorés y sont rares.

Les microgranites sont généralement à pâte micropegmatique. Dans l'un d'eux on observe un bel exemple de micropegmatite à étoilement passant à des sphérolites à croix noire. Ces sphérolites renferment fréquemment de gros microlites d'orthose. Dans un microgranite alcalin d'*Aït el Kha*, la pâte s'est orientée sur des phénocristaux de quartz et de feldspath exceptionnellement grands et nets.

Le gabbro quartzifère montre de la hornblende brune primaire qui moule ophitiquement les plagioclases et le diallage; celui-ci, par ouralitisation, donne naissance à de la hornblende verte.

---

(1) Séance du 3 avril 1923.

(2) E.-F. Gautier et R. Chudeau, *Missions au Sahara.* Tome 2 : *Sahara soudanais*, Paris, 1909.

(3) N. Villatte, *Du Tidikelt vers Tombouctou* (*La Géogr.*, 12, 1905, p. 209 à 238, pl. I).

(4) Pour cette région et celles dont il sera question plus loin, consulter R. Chudeau, *D'In Zize à In Azaoua* (*La Géogr.*, 15, 1917, pl. V) et N. Villatte, *loc. cit.*, pl. I.

La bibliographie détaillée de travaux qui concernent ces régions sera donnée ultérieurement.

Les roches modifiées de l'Ahnet m'ont fourni un spécimen intéressant d'épidotite qu'on est tenté de considérer comme le produit d'altération d'une roche ophitique semblable à la précédente. On y observe en effet quelques plages de hornblende primaire et il est à noter que l'épidote, intimement mélangée de quartz microgrenu, forme des ensembles dont l'aspect géométrique rappelle les baguettes allongées des plagioclases et les prismes pyramidés du pyroxène.

Les roches cristallophylliennes sont représentées par du micaschiste et du gneiss.

In Zize est un volcan qui a, au désert, une importance considérable. C'est, en effet, un repère et un point d'eau permanent où les caravanes vont se ravitailler avant la traversée du *Tanezrouft*.

Les laves qui le constituent ont été recueillies, pour la plupart, à proximité de l'*aguelman*. Ce sont des rhyolites alcalines à pâte rouge tirant sur le brun chocolat — teinte due à la présence d'une fine poussière d'hématite rouge parfois transformée en limonite — à pâte verdâtre quand l'hématite fait défaut. Les phénocristaux — quartz corrodé, orthose, microperthite d'orthose et d'albite — se détachent sur un fond quartzo-feldspathique plus ou moins quartzifié, généralement formé de quartz globulaire; la pâte prend localement la structure microsphérolitique ou microlitique. La fluidalité originelle est révélée, soit par la poussière d'hématite, soit par d'innombrables inclusions gazeuses disposées en traînées qui sont déviées au voisinage des phénocristaux.

Dans une rhyolite bulleuse, j'ai observé des globules parfaitement circulaires, exempts de toute matière cristalline et de dimensions notables — autour desquels la pâte a cristallisé en couronnes fibro-radiées. De nombreuses lithophyses ont été le siège de la cristallisation des éléments du magma : quartz, sphérolites et microlites d'orthose, oxydes de fer, zircon. Ces lithophyses peuvent se disposer en bandes allongées alternant avec la pâte. Une brèche de projection montre des fragments de rhyolite quartzifiée, chargée de magnétite, dont la couleur grise tranche sur un ciment cinériteux coloré en rouge par l'hématite.

A côté de ces rhyolites, il existe un microgranite alcalin à pâte rose chair fort intéressant. Contrairement à ce que pensait R. Chudeau [1], il contient une amphibole sodique presque uniaxe, optiquement négative, à grand angle d'extinction, très dispersive, fortement polychroïque dans le

[1] *Sah. Soud.*, p. 268, et *Bul. Soc. Géol. Fr.*, 4e série, t. 15, 1915, p. 109.

vert bleu et le vert brunâtre, faiblement biréfringente; elle est analogue à celle qui a été signalée par M. A. Lacroix dans les granites et les microgranites de *Zinder* et de *Gouré* (¹) et qu'il rapprochait alors de l'hastingsite et de la katoforite. D'après les dernières données de M. G. Murgoci (²), il faudrait plutôt attribuer ce minéral à la lanéite. Une micropegmatite à étoilement et du quartz globulaire constituent la pâte de ce microgranite dont les phénocristaux sont formés d'orthose et de microperthite d'orthose et d'albite.

La collection contient encore une ortho-amphibolite à schistosité de cristallisation très nette. L'amphibole est une hornblende d'un vert bleuâtre pâle. Enfin, vu la rareté des filons métallifères au Sahara, il importe de signaler la présence à *In Zize* d'un minerai de chalcosine et d'érubescite associé à une chlorite incolore, uniaxe, optiquement négative.

Les Tassili du Sud, dans la région située entre le Tanezrouft et l'Adrar des Iforass, sont formés par un ensemble de plateaux gréseux, dévoniens. L'érosion les a découpés, dans leur partie méridionale, en de nombreux *gours* entre lesquels apparaissent des terrains éruptifs et des schistes cristallins.

Les roches éruptives, presque toutes recueillies entre *Timissao* et *In Ouzel*, se distribuent en granites alcalins, granites monzonitiques, diorites et gabbros quartziques. Certains gabbros ont une structure ophitique. Plusieurs de ces roches sont écrasées. Les roches métamorphiques sont représentées par des épidotites quartzeuses, des amphibolites feldspathiques, des pyroxénites, des micaschistes noduleux et un cipolin.

Parmi les roches intéressantes, il faut signaler une diorite à pyroxène avec zones d'écrasement à structure en mortier englobant des noyaux de roche intacte; un gabbro à pyroxène et amphibole avec schillérisation intense au point de rendre opaque ce dernier minéral qui est xénomorphe et ouralitise par place le pyroxène; une pyroxénolite micacée formée de pyroxène incolore en association poecilitique avec la phlogopite; une épidotite quartzeuse avec nodules d'épidote bacillaire, disposée en grands éventails; un micaschiste à nodules noirs formés par des agrégats de quartz, de magnétite et de lamelles de muscovite sur un fond de mica brun pâle; enfin un cipolin, provenant d'une lentille rencontrée un peu au nord d'*In Ouzel* : il renferme un minéral du groupe des humites (probablement chondrodite) fortement épigénisés par de l'antigorite.

(¹) *Comptes rendus*, t. 140, 1905, p. 23.

(²) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 372 et 427.

GÉOLOGIE. — *Sur l'origine tectonique des vallées du versant Est des Vosges.* Note de M. E. SCHNAEBELÉ, transmise par M. Pierre Termier.

L'effondrement de la vallée du Rhin a changé le système hydrographique des Vosges. Il semble qu'avant l'Oligocène les ruisseaux des Vosges s'écoulaient surtout vers l'Ouest. Sans trancher cette question nous posons le problème suivant :

Les directions des vallées actuelles des Vosges sur leur versant Est sont-elles dues aux hasards de l'érosion ou bien sont-elles en rapport avec la tectonique de la région? Certains auteurs, notamment M. Bücking (1), inclinent vers la première hypothèse; d'autres tels que MM. Hemmer (2), Hoffmann (3), Klähn (4) et van Werveke (5) donnent quelques exemples de vallées qui suivent des directions de failles reconnues. Partant de la région du Champ du Feu, nous discuterons le problème d'un point de vue plus général. Le morcellement des Vosges est très intense et ceci aussi bien au bord de l'abrupt oriental que vers leur centre même. Ce morcellement, se manifestant par des cassures droites entre-croisées, permet néanmoins un classement des directions prédominantes comme nous l'avons fait récemment (6).

En suivant les directions des cours d'eau (sans tenir compte de la répartition géologique des terrains), on est frappé de voir d'une part les changements brusques des directions des ruisseaux, et d'autre part de retrouver souvent les mêmes directions se répétant. Puis en se basant sur la carte géologique, on observe que les directions de beaucoup de petits ruisseaux concordent avec les directions tectoniques (fréquemment des failles, rarement des alignements produits par des plis), tandis que les grands cours d'eau ne sont souvent que partiellement parallèles aux contacts anomaux. Voilà pourquoi sans doute les auteurs ont hésité jusqu'ici à appliquer plus généralement le terme de vallées tectoniques. On doit cependant le faire. Pour l'intérieur des montagnes, sans hésitation, pour les collines prévosgiennes dans beaucoup de cas.

---

(1) BÜCKING, *Guide géologique de l'Alsace*, p. 13.

(2) HEMMER, *Bulletin de la Société de Géographie*, Strasbourg, vol. 6, p. 36.

(3) HOFFMANN, *Ibid.*, vol. 6, p. 43.

(4) KLÄHN, *Ibid.*, vol. 4, p. 62.

(5) VAN WERVEKE, *Explication de la Carte géologique d'Alsace et de Lorraine*, feuille de *Niederbronn*.

(6) SCHNAEBELÉ, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 523.

Les champs de fractures, dont nous avons démontré l'existence aussi à l'intérieur des Vosges, sont allongés du Sud au Nord. Ils sont les témoins typiques des mouvements tertiaires. Les eaux qui les parcourent prennent surtout cette direction. Mais comme elle est aussi prépondérante en dehors des champs de fractures, cela donne au réseau hydrographique de nos jours un premier trait de caractère tertiaire. Le déversement brusque des vallées vers la plaine rhénane en manifeste un autre. C'est l'effondrement de la vallée du Rhin qui a activé l'érosion avançant de l'Est vers l'Ouest. Et ce sont les ruisseaux jeunes qui capturaient alors les restes des anciennes rivières en inversant leur direction. Les ruisseaux principaux de nos jours sont par conséquent composés de divers éléments et il reste aux morphologistes à les analyser.

Examinons-en quelques exemples.

La rivière de l'Andlau descend du Champ du Feu vers la plaine; elle reçoit du Sud successivement les eaux du Weihermattenbach (à 500^m à vol d'oiseau d'Andlau), puis à 4^{km} le Totenbach, à $4^{km},5$ le Hasselbach, à 5^{km} le Lilsbach, à 6^{km} le Fischbach et enfin, à 7^{km}, c'est elle-même qui tourne à angle droit vers le Sud en entrant dans le bassin de Hohwald. Tous ces vallons, s'ouvrant du Sud au Nord, se poursuivent au nord de l'Andlau par des dépressions, parcourues par d'autres ruisseaux tributaires. La vallée de l'Andlau n'est faillée que sur $1^{km},5$, mais la rivière se sert par endroits des lits de ses affluents du Sud, qui suivent aussi bien que ceux du Nord des contacts anomaux. Les vallons du Sud ont un aspect bien plus mûr que le cours de l'Andlau. Cela tient sans doute à leur caractère de failles, mais surtout aussi à ce qu'ils sont (à l'exception de Hohwald) taillés dans des schistes métamorphiques relativement tendres. Le réseau de l'Andlau peut bien être considéré dans l'ensemble comme réseau à vallées tectoniques, mais sans que ce terme soit applicable à tous les détails.

Au nord de l'Andlau, c'est la Kirneck, qui rejoint la plaine près de Barr. Sans nous occuper des petits affluents, marquant presque tous des limites tectoniques, nous observons que la source est située sur une faille très nette et que la Kirneck s'accommode sur 4^{km} aux lignes tectoniques; mais en aval il n'en est plus de même. Là il s'agit plutôt d'une simple vallée d'érosion.

L'Ehn, plus au Nord, naît sur sur une faille importante (séparant le Dévonien d'un granite) et suit des directions typiques jusqu'à la plaine. Son affluent principal de droite (le Vorbach, long de 3^{km}) suit une faille

dans le grès bigarré et est parallèle à une autre faille très importante qui, 400^{m} plus à l'Ouest, sépare le Dévonien du grès bigarré, et à une troisième dans le grès bigarré même, toutes les trois ayant la direction SN.

Celle-ci, bien prononcée dans le parcours du Vorbach, l'est autant dans celui de la Magel. Naissant à un contact anomal de Dévonien et de granite, elle se dirige sur 7^{km} rigoureusement vers le Nord, tourne à angle droit vers l'Est et reprend, 4^{km} plus loin, brusquement, son chemin vers le Nord, en suivant un faisceau de failles bien repéré. Il semblerait difficile d'expliquer cette double déviation, si l'on n'en cherchait pas la cause dans la tectonique. Mais nous reconnaissons que pour la première partie SN la recherche est très difficile, puisque le terrain se compose uniquement de granite. Ne serait-il pas permis de conclure, par suite d'analogies observées, de la direction caractéristique d'un cours d'eau à des causes tectoniques non observables?

L'histoire de l'Andlau et de la Kirneck semble se répéter dans la vallée de la Bruche, rivière principale de la région. Son cours ne peut être démontré faillé que près de Rothau et entre Lutzelhouse et Heiligenberg, c'est-à-dire sur une petite partie de sa longueur totale.

Examinons encore la Weiss qui sort des montagnes près de Kaysersberg. Elle aussi ne suit que des directions tectoniques. De Blanrupt à Orbey c'est N 70° W, d'Orbey à Hachimette une faille N 30° E qui a rejoué au Tertiaire, de Hachimette à Préchamps (point 330^{m},5) N 70° E qui se poursuit jusqu'à un col au niveau de 620^{m} au nord de l'Eichenrain. De Préchamps à Hinteralspach, la Weiss est parallèle à la zone de broyage Faurupt-Kœurvé-Col de Fréland. De Hinteralspach à Kaysersberg, la vallée prend la direction typique N 20°-30° W.

En dernier lieu, considérons la première partie de la vallée de la Thur. La direction N-S y est frappante. Or, à l'ouest de la vallée, on observe un granite, à l'est un ensemble de grauwackes et de schistes. Il nous semble évident que la limite même de ces roches est une limite tectonique.

Nous avons discuté les parcours de quelques ruisseaux choisis au hasard parmi les ruisseaux des Vosges et nous croyons avoir démontré que ce n'est pas par exception que les cours d'eau respectent des limites tectoniques. Le terme de vallées tectoniques sera dorénavant à appliquer bien plus généralement dans les Vosges que cela n'a été fait jusqu'ici.

MÉTÉOROLOGIE. — *Observation d'un paranthélie dit de* 90°. Note de M. **Louis Besson**, présentée par M. Bigourdan.

Ce phénomène optique très rare a été observé à Montsouris le 14 avril 1923 par MM. Dutheil et Bonnal. Pour la première fois sa distance au Soleil a pu être mesurée.

Le ciel était presque entièrement couvert d'un cirro-stratus de direction SSW, sous lequel passaient des cumulus. On a vu, en premier lieu, la partie supérieure du halo de 22°, vivement colorée. Autour de $8^h 55^m$, le parhélie de droite, rond et brillant, s'est montré cinq minutes. Peu après 9^h, outre le halo de 22° complet, on voit la moitié supérieure du halo circonscrit et sa partie inférieure; les couleurs sont pures en haut, très larges et comme lavées en bas. Un paranthélie se montre, à deux reprises, à droite du Soleil, à une distance d'environ 90° en azimut, sous forme de tache blanche et ronde, d'abord à $9^h 20^m$, assez net au début et d'une durée d'une minute environ, puis à $9^h 25^m$, également fugitif, et beaucoup plus vague.

Après $9^h 30^m$, le cirro-stratus se disloque et les nuages inférieurs augmentent de nombre et d'étendue. On ne voit plus que des fragments de halo, avec, par instants, la partie supérieure du halo circonscrit.

La distance du paranthélie au Soleil a été mesurée à l'aide de la herse néphoscopique : L'un des observateurs se plaçait de manière que la tige verticale lui cache le phénomène (ou le Soleil), puis amenait de loin, au moyen des cordes, la ligne des pointes dans le vertical de visée. Le second observateur lisait alors l'azimut sur le cercle divisé de l'instrument, où le Nord correspond à 0° et l'Ouest à 90°. Voici les résultats obtenus :

		Azimut.	Distance.
$9^h 20^m$.	Paranthélie vague	148°	
	Soleil	232	84°,5
	Paranthélie vague	147	
$9^h 25^m$.	Paranthélie très vague	143	87
	Soleil	230	

En 1907, j'ai proposé une explication de l'anthélie, des paranthélies et des halos blancs de Bouguer et d'Hévélius, fondée sur une double réflexion

des rayons solaires tombant sur des cristaux de glace de forme particulière [1].

On sait que les prismes de glace allongés, qui sont en général terminés en pointe à une de leurs extrémités, forment souvent des assemblages en se soudant par leur bout pointu. Des assemblages de cette sorte ont été observés par plusieurs cristallographes, notamment par Hallberg qui en a pris de belles microphotographies [2], mais leurs lois sont encore inconnues. J'ai admis que les prismes rayonnant autour d'un même point se dirigeaient vers les centres des faces d'un polyèdre régulier qui aurait ce point comme centre.

A l'icosaèdre, en particulier, correspond un assemblage de 20 prismes dont chacun fait avec les trois plus voisins un angle de 41°48′. Si les prismes tournent l'un vers l'autre une de leurs faces, on a des miroirs doubles de l'ouverture ci-dessus, propres à donner du Soleil une image blanche située à 2 × 41°48′, soit à 83° 36′ du luminaire.

Cet assemblage compliqué doit se réaliser bien rarement en entier. Si deux, trois ou quatre prismes s'assemblent dans un même plan sous la loi de l'icosaèdre, leur assemblage tombe dans la position horizontale et donne deux images du Soleil, situées de part et d'autre de l'astre à une distance azimutale de 83°36′ de celui-ci et à la même hauteur. Ce sont les paranthélies dits de 90°.

Si les prismes, assemblés suivant la même loi au nombre de trois, quatre ou davantage, ne sont pas dans un même plan et n'ont pas, dans leur chute, une position d'équilibre déterminée, les images se répartissent sur un cercle de 83°36′ de rayon ayant pour centre le Soleil. C'est le halo dit de 90° ou d'Hévélius.

D'après cette théorie, les paranthélies et les halos blancs, étant produits par des assemblages de prismes allongés, apparaissent comme une complication exceptionnelle venant s'ajouter aux arcs tangents ordinaires de 22° (halo circonscrit) qui sont incontestablement dus à des prismes allongés isolés ou soudés deux à deux dans le prolongement l'un de l'autre.

Et en effet, dans le phénomène du 14 avril, comme dans la presque tota-

(1) Louis Besson, *Nouvelle théorie de l'anthélie*, etc. (*Comptes rendus*, t. 144, 1907).

(2) Voir A.-B. Dobrowolski, *Les cristaux de glace* (*Arkiv för Kemi, Mineralogi och Geologi K. Svenska Vetenskapsakademiens*, Bd 6, n° 7, 1916).

lité des cas antérieurs, le paranthélie a été précédé et accompagné d'un arc tangent de 22° brillant.

Mais c'est seulement la mesure de la distance azimutale du paranthélie (ou celle du rayon du halo) qui pouvait fournir un contrôle probant de la théorie.

Malgré une vigilance soutenue, le paranthélie de 90° n'avait pas été aperçu à Montsouris depuis son apparition fugitive du 5 avril 1899. L'observation de MM. Dutheil et Bonnal apporte enfin la vérification si longtemps attendue. Autant qu'on pouvait l'espérer de mesures aussi délicates, elle confirme la théorie que j'avais avancée, puisque la distance trouvée à $9^h 20^m$, au moment où la tache lumineuse était le plus nette, ne diffère de sa valeur théorique que de 1°, c'est-à-dire d'une quantité de l'ordre des erreurs d'observation d'azimut à la herse.

ENBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Valérianacées. Développement de l'embryon chez le* Valerianella olitoria *Poll.* Note de M. **René Souèges**, présentée par M. L. Guignard.

On peut considérer comme les plus régulières les formes embryonnaires représentées en 1, 2, 4, 7, 15, 16; elles démontrent nettement que les lois générales selon lesquelles se succèdent les parois de segmentation chez le *Valerianella olitoria* sont semblables à celles qui ont été observées chez le *Senecio vulgaris*, l'*Urtica pilulifera* et le *Malva rotundifolia* [1].

Le proembryon bicellulaire (*fig.* 1) donne naissance à une tétrade composée de deux cellules supérieures juxtaposées et de deux cellules inférieures superposées (*fig.* 4). Cette tétrade, par bipartition de ses éléments, engendre un proembryon octocellulaire, présentant au sommet quatre cellules-quadrants circumaxiales (*fig.* 7). Aux dépens du proembryon octocellulaire se constitue un proembryon à seize cellules, parfois assez distinctement distribuées en cinq étages *q*, *m*, *n*, *o* et *p* (*fig.* 15). Les destinées de ces cinq étages se reconnaissent aisément dans les figures 16, 24 et 26 : l'étage *q* correspond à la partie cotylée; l'étage *m* engendre l'hypocotyle; aux dépens de *n* se différencient les initiales de l'écorce au sommet radiculaire; aux dépens de *o* se constitue la portion médiane de la coiffe; enfin *p* donne nais-

(1) Voir R. Souèges, *Embryogénie des Malvacées. Développement de l'embryon chez le* Malva rotundifolia *L.* (*Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 435).

sance à un suspenseur court et conique qui, dans la plupart des cas, semble faire partie intégrante de la région la plus externe de la coiffe.

Il a pu être établi précédemment (1), grâce à l'apparition de quelques formes très régulières, que l'embryon du *Lamium purpureum* se développe, de même, confor-

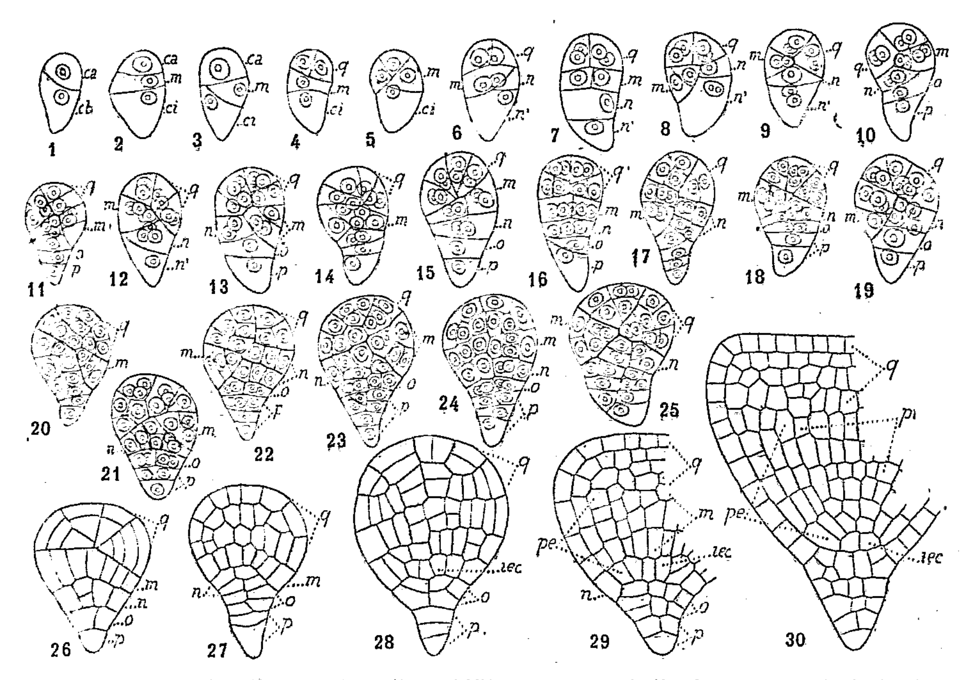


Fig. 1 à 30. — *Valerianella olitoria* Poll. — Différents aspects de l'embryon aux principales étapes de son développement. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *m*, cellule intermédiaire de la tétrade ou l'un des étages du proembryon; *ci*, cellule inférieure de la tétrade; *q*, étage supérieur du proembryon; *n*, cellule-fille de *ci* ou étage moyen du proembryon; *n'*, cellule-fille inférieure de *ci*; *o* et *p*, cellules-filles de *n'* ou étages inférieurs du proembryon; *iec*, initiales de l'écorce au sommet radiculaire; *pe*, périblème; *pl*, plérome. G. : 400.

mément aux lois générales que l'on observe chez les Composées. Mais, chez cette espèce, à côté des types réguliers, ont été rencontrés en bien plus grand nombre des individus à l'aspect assez complexe, dont le mode de construction était d'autant plus difficile à interpréter que leur âge était plus avancé. Ces formes irrégulières se rencontrent tout aussi fréquemment, chez le *Valerianella olitoria*, et, de plus, comme il est aisé de s'en rendre compte par l'examen des stades les plus jeunes, les processus, en apparence si divers, qui président à leur édification, se rattachent aux mêmes variations fondamentales. Par exemple, chez le *Valerianella olitoria* comme chez le

(1) R. Souèges, *Recherches sur l'embryogénie des Labiées* (*Bull. Soc. bot. de France*, t. 68, séance du 28 octobre 1921, p. 454).

Lamium purpureum, la cellule inférieure du proembryon bicellulaire se cloisonne le plus souvent par une paroi oblique s'insérant sur la paroi horizontale supérieure (*fig.* 3); il en résulte que la tétrade (*fig.* 5) apparaît généralement cloisonnée par deux parois cruciales, inclinées en forme d'X sur l'axe embryonnaire. La cellule *ci* devient ainsi voisine des deux cellules supérieures et quelques-unes de ses cellules-filles donneront nécessairement naissance à une portion de l'hypocotyle. Aux stades suivants, la cellule *ci* se divise par une paroi qui vient s'insérer, soit sur la cloison oblique précédente (*fig.* 8, 10), soit sur la membrane périphérique; dans le premier cas, l'étage *o* se trouve partiellement adjacent à l'étage *m*; dans le deuxième cas, il en est entièrement séparé par l'étage *n*; de toutes façons, il donne toujours naissance au primordium de la coiffe.

Les quatre cellules-quadrants (*q*) qui se différencient aux dépens des deux cellules supérieures de la tétrade ne sont pas toujours disposées dans un même plan, séparées par des parois cruciales méridiennes; ces parois sont le plus souvent obliques, quelquefois même horizontales, à peu près normales à la première cloison séparant les deux éléments supérieurs de la tétrade. Les cloisons suivantes prennent à leur tour des directions assez variables qui ne permettent que dans de très rares cas de distinguer les segments α et β, toujours si facilement délimités chez le *Senecio vulgaris* ou chez l'*Urtica pilulifera*. Dans certaines formes, on n'est pas éloigné de croire qu'une portion de l'étage *m* prend part à la construction de la partie cotylée.

Étant données les directions obliques des segmentations dans les cellules primordiales du proembryon, on ne peut être surpris de la complexité qu'offrent les formes embryonnaires, quand elles se composent d'un nombre considérable d'éléments. On ne doit pas d'autre part perdre de vue que, sur les coupes longitudinales, les parois, obliques par rapport au plan équatorial, le sont encore par rapport à l'infinité des plans verticaux passant par l'axe embryonnaire.

Cette dernière observation a déjà été présentée et appuyée par de nombreuses figures, au sujet du *Lamium purpureum;* elle ne se trouve pas moins justifiée au sujet du *Valerianella olitoria*. On peut soutenir, somme toute, que ces deux espèces offrent, dans la construction de leurs formes, tant régulières que soi-disant irrégulières, les analogies les plus inattendues. Elles doivent être rattachées aux Composées, au point de vue des lois générales de l'embryogenèse. Cette conclusion qui peut paraître quelque peu surprenante, pour ce qui regarde le *Lamium purpureum*, semble beaucoup plus rationnelle, en ce qui concerne le *Valerianella olitoria*, puisque la plupart des caractères morphologiques ont déjà permis de ranger les Valérianacées près des Composées dans la classification des plantes supérieures.

BOTANIQUE. — *Sur le rôle du centrosome dans la cinèse.* Note de M. **Pierre Georgévitch**, présentée par M. J. Costantin.

La question du rôle des centrosomes est encore controversée : sont-ils les centres cinétiques qui étirent activement le fuseau achromatique sur les pôles duquel ils se trouvent, ou bien, au contraire, sont-ce les fibrilles cinoplasmatiques du fuseau qui, en croissant, poussent les centrosomes. Pour résoudre cette question nous avons fait quelques constatations sur les Algues marines : *Padina pavonia et Stypocaulon scoparium*, qui font l'objet de la présente Note.

C'est surtout dans les cellules reproductrices, chez le *Padina*, qu'on peut constater, que le fuseau achromatique s'allonge d'un tiers de sa longueur primitive. Du fait que pendant cet étirement du fuseau les fibrilles se rompent dans sa zone équatoriale, on peut conclure que cet étirement est dû à l'écartement des centrosomes qui se trouvent sur les pôles du fuseau en contact intime avec les fibrilles. En effet, pendant cet acte d'étirement les deux moitiés du fuseau déchiré avec les sphères cinoplasmatiques, au centre desquelles se trouvent les centrosomes, se dirigent tous ensemble vers la périphérie du noyau. C'est la raison pour laquelle la plaque cellulaire des Algues se forme d'une manière tout à fait différente que chez les plantes supérieures.

C'est après le déchirement du fuseau et, lorsque les deux noyaux-filles se sont assez éloignés, que la plaque cellulaire se forme par accolement des parois horizontales des mailles du réseau cytoplasmatique se trouvant entre les deux noyaux-filles.

Du fait que les centrosomes, d'origine nucléolaire, une fois délivrés du nucléole se dirigent vers la membrane du noyau, avec laquelle ils entrent en contact intime et qu'ils ne dépassent jamais, on peut déduire que la membrane du noyau exerce une attraction sur les centrosomes.

Grâce à ces faits nous pouvons à présent comprendre la différence qui existe entre les plantes supérieures et les Algues au point de vue de la formation de la plaque cellulaire. Chez les plantes supérieures, la plaque cellulaire se forme sur les fibrilles cinoplasmatiques du fuseau se trouvant entre les deux noyaux-filles, et ces fibrilles restent intactes, par suite de l'absence sur deux pôles du fuseau des centrosomes, qui pourraient étirer et déchirer les fibrilles. Au contraire, la plaque cellulaire chez les Algues ne peut se former sur les fibrilles du fuseau du fait que les centrosomes se

trouvant sur ses pôles l'étirent activement jusqu'à son déchirement dans la zone équatoriale. C'est la raison pour laquelle la plaque cellulaire chez les Algues ne peut se former que dans le cytoplasme se trouvant entre les deux noyaux-filles.

BOTANIQUE. — *Modification des végétaux soumis à la culture en serre.* Note de Mlle **Lucienne Blum**, présentée par M. J. Costantin.

J'ai étudié pour certaines plantes, formant en automne des rosettes, les modifications apportées par la culture parallèle en serre et en plein air, modifications qui se traduisent par des agencements différents des tissus protecteurs et profonds. Les organes de sécrétion se comportent d'une façon propre.

A. Modifications de la tige : *Veronica officinalis.*

	Hiver.	
	Plein air.	Serre.
Épiderme	parois épaissies	parois peu épaisses
Sous-épiderme	semblable à l'épiderme	peu distinct de l'écorce
Écorce	cellules régulières renforcées; pas de méats	grandes cellules ovoïdes minces; méats
Péricycle	bien marqué	peu marqué
Parenchyme libérien	en couronne	en bande mince
Bois	vaisseaux petits arrondis, peu nombreux	vaisseaux larges nombreux
Moelle	cellules grandes régulières, polyédr.	cellules grandes irrégulières; méats

	Été.	
	Plein air.	Serre.
Épiderme	parois moins épaisses qu'en hiver	parois peu épaisses comme en hiver
Sous-épiderme	presque semblable à l'écorce	peu distinct de l'écorce
Écorce	cellules moins régulières; les 1res assises seules épaissies; méats	cellules plus petites vers le cylindre central
Péricycle	assez marqué	
Parenchyme libérien	accumulé en certains points	formé de deux croissants accolés par leurs extrémités
Bois	vaisseaux plus larges ass. nombreux	vaisseaux larges nombreux
Moelle	cellules arrondies; méats	cellules polyg. arrondies v. le centre

B. Modifications du pétiole : *Sanicula europæa*.

	Hiver. Plein air.	Hiver. Serre.
Épiderme, sous-épiderme.	collenchyme marqué	collenchyme très peu marqué
Parenchyme............	cellules régul. à membrane marquée disposées concentriquement autour des faisceaux; pas de méats	cellules grandes, irrégulières, minces; méats
Faisceaux..............	au centre du pétiole	vers la périphérie du pétiole
Tissu libérien..........	abondant	peu abondant
Bois..................	vaisseaux petits, rares	vaisseaux gros, nombreux
Canaux sécréteurs......	nombreux, petit calibre	nombreux, gros, calibre
Gouttière ventrale.......	peu ouverte	très ouverte
Chlorophylle...........	confinée à la périphérie	disséminée

	Été. Plein air.	Été. Serre.
Épiderme, sous-épiderme.	collenchyme réduit	comme en hiver, mais disposition plus régulière des éléments
Parenchyme............	cellules moins régul., assez minces non disposées concentriq.; méats	
Faisceaux..............	se rapprochent de la périphérie	
Tissu libérien...........	bien marqué	
Bois..................	vaisseaux plus abondants	
Canaux sécréteurs.......	plus fréquents, augment. du calibre	
Gouttière ventrale.......	plus accentuée	
Chlorophylle...........	disséminée	

C. Modifications du limbe : *Viola canina*.

	Hiver. Plein air.	Hiver. Serre.
Épiderme..............	renforcé, régulier	non renforcé, irrégulier
Cellules à tannins........	abondantes	peu nombreuses
Cellules à phénols........	peu nombreuses	abondantes
Parenchyme palissadique..	bien représenté	faiblement représenté
Parenchyme lacuneux....	lacunes peu développées	lacunes nombreuses
Nervures...............	peu saillantes	saillantes

	Eté. Plein air.	Eté. Serre.
Épiderme..............	moins renforcé	Disposition plus régulière des éléments
Parenchyme lacuneux....	lacunes plus larges	
Nervures...............	saillantes	

L'étude du limbe de *Taraxacum dens Leonis* offre certaines particularité :

Plante de plein air. — Faisceaux isolés par des réseaux de parenchyme au milieu du limbe.

Plante de serre. — Parenchyme formé de travées unicellulaires séparées par d'abondantes lacunes. Tissu palissadique à peine représenté.

En résumé, il résulte pour les plantes de *plein air :*

1° Consolidation de l'épiderme; les cellules sont étalées et renforcées grâce à l'épaississement de l'assise sous-épidermiqne;

2° Présence de poils nombreux et courts;

3° Réduction des stomates;

4° Augmentation du nombre des assises du tissu palissadique (très net);

5° Richesse des faisceaux en éléments de soutien, réduction du nombre et du calibre des vaisseaux du bois, dont les parois sont plus épaisses et hautement différenciées.

La plante *de serre* paraît donc stabilisée dans un stade infantile par la réduction du nombre des couches de formation secondaire du parenchyme libérien, par la réduction et la non-différenciation dans la gaine des faisceaux (endoderme, péricycle peu marqués). Localement on a désagrégation des tissus (surtout lacuneux en liaison certaine avec les mouvements des réserves d'eau. Les organes de sécrétion, au contraire (canaux sécréteurs, laticifères, cellules sécrétantes, cristaux d'oxalate de calcium), suivent une tout autre règle : ils sont toujours plus abondants chez la plante de serre et à toute époque

M. Bedélian (Thèse, 1904) a constaté par l'étude d'autres plantes cultivées en serre des modifications de l'ordre de celles que j'ai remarquées. Je note en plus que ces modifications sont du type d'un arrêt du développement des tissus maintenus à l'état junévile et j'insiste sur le fait que les organes d'excrétion et de sécrétion suivent une autre règle que les tissus d'activité physiologique et de soutien.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Adaptation, transmission des caractères acquis, sélection par concurrence vitale chez le ferment lactique.* Note de MM. **Henry Cardot** et **Henri Laugier**, présentée par M. Charles Richet.

Comme suite aux expériences faites par l'un de nous avec MM. Charles Richet et E. Bachrach sur l'accoutumance du ferment lactique aux sels

minéraux toxiques, nous nous sommes proposés d'étudier sur ce même bacille l'accoutumance vis-à-vis d'un sel peu toxique, qui ne ralentit la fermentation et la multiplication microbienne que s'il se trouve dans le milieu à une concentration importante, abaissant notablement le point de congélation. Nous donnerons ailleurs le détail de nos expériences, nous nous bornons ici à en indiquer quelques résultats essentiels.

La culture faite sur un milieu renfermant $34^g,2$ de KCl par litre, c'est-à-dire la plus forte dose compatible avec un très léger développement du bacille qui subit pour la première fois l'action de ce sel, a été poursuivie dans ce milieu pendant un an, la souche étant réensemencée toutes les 48 heures parallèlement à une souche cultivée sur milieu ordinaire, sans KCl. Au début la souche potassique pousse à peine, puis s'adapte peu à peu à son milieu, et après une série de fluctuations dans son activité, arrive finalement à développer une acidité qui atteint environ 80 pour 100 de l'acidité de la souche témoin végétant sur milieu ordinaire. L'accoutumance à KCl, déjà mise en évidence par l'augmentation progressive de l'acidité que développe le bacille, au fur et à mesure qu'il s'adapte, peut être révélée encore d'une autre manière : chez le bacille adapté la dose maxima de KCl compatible avec la vie s'est notablement relevée : au moins de $34^g,2$ à 54^g par litre. Ainsi, l'accoutumance à KCl se démontre d'une façon éclatante.

Nous avons montré ailleurs que les modifications du bacille sous l'action de KCl ne sont pas spécifiques, puisqu'elles comportent aussi une augmentation de résistance pour les autres sels alcalins et alcalino-terreux, mais non pour la glycérine ou le saccharose.

Dans quelle mesure la variation réalisée persiste-t-elle lorsque la cause qui l'a produite vient à être supprimée? Pour s'en rendre compte, l'expérience consiste, tout en poursuivant la culture des deux souches précédentes, à ensemencer un milieu ordinaire sans KCl, à partir de la souche potassique et à comparer tous les 15 jours ou tous les mois la résistance de ces trois souches vis-à-vis de KCl, par exemple à la dose de 30 pour 1000.

En présence de KCl 30 pour 1000, la souche restée en permanence sur KCl développe, en 48 heures à 38°, une acidité que nous prendrons égale à 100; dans les mêmes conditions, la souche témoin donne en moyenne une acidité de 27. Quant à la souche potassique replacée sur milieu ordinaire, elle donne sur KCl 30 pour 1000 au bout de 1 mois, de 2 mois et demi, 3 mois et demi et 4 mois respectivement les nombres : 101, 96, 89 et 89. L'adaptation réalisée est donc transmise presque intégrale-

ment; puisque, même après 4 mois de culture sur milieu non potassique, la résistance vis-à-vis de KCl n'a diminué que dans une très faible proportion. Le caractère acquis (résistance à KCl) se transmet fidèlement et se trouve presque intégralement conservé, chez des descendants séparés par plusieurs milliers de générations des ascendants qui avaient été soumis à l'action du sel, et s'y étaient adaptés.

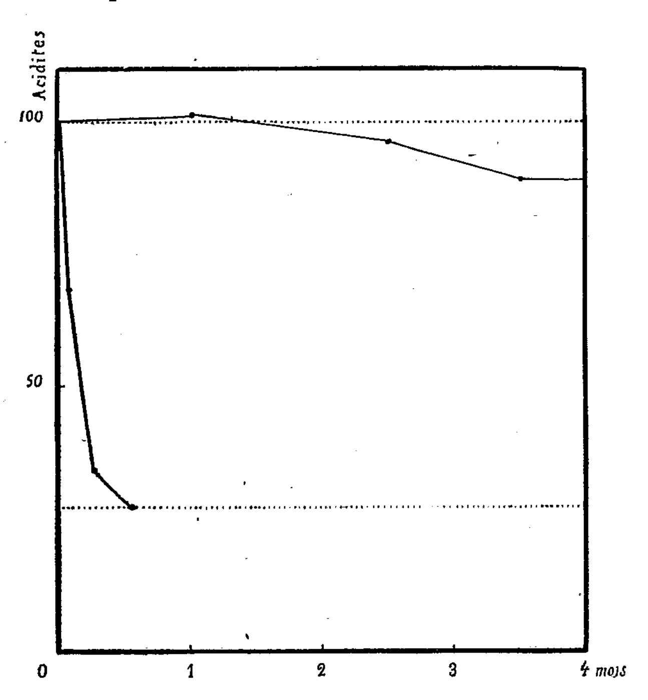
Enfin, dans quelle mesure la race potassique obtenue est-elle capable de subsister si on la fait se développer en présence d'une race témoin? *A priori*, elle semble peu désavantagée vis-à-vis de cette dernière, au point de vue de la concurrence vitale. En effet, si la souche normale développe en 48 heures à 38° une acidité de 100, la souche potassique remise sur milieu témoin donne, dans les mêmes conditions, une acidité de 80. Sa vitalité, sur milieu ordinaire, est donc diminuée, mais peu. Ensemençons alors un tube de milieu ordinaire simultanément avec le bacille témoin et avec le bacille potassique. Ensuite cette souche mixte [1] sera réensemencée toutes les 48 heures sur milieu ordinaire, et pour tous ces réensemencements, on prendra toujours une abondante quantité de semence. Cherchons alors au bout de 2, 8 et 16 jours, comment se comporte cette souche mixte quand on l'ensemençait sur milieu à KCl 30 pour 1000. Tandis que, sur ce dernier milieu, les souches potassique et témoin donnent en 48 heures à 38° des acidités respectivement égales à 100 et à 27, la souche mixte, 2 jours après le mélange des deux races donne en 48 heures sur KCl, 68; au bout de 8 jours, 34, et enfin au bout de 16 jours, 27; c'est-à-dire qu'elle est devenue à ce moment identique à la souche témoin. Même en prolongeant la durée de fermentation au delà de 48 heures les cultures-filles issues de ces deux souches, mixte et témoin, ne peuvent plus être distinguées les unes des autres. Par conséquent, bien que les réensemencements aient toujours été faits avec une large quantité de semence, bien que la vitalité du ferment potassique soit du même ordre de grandeur que celle du ferment témoin, *le premier a été rapidement et complètement éliminé par le second*.

Cette double expérience est résumée par la figure dans laquelle on a porté en abscisses les temps et en ordonnées les acidités développées par les quatre souches, ensemencées sur milieu à KCl 30 pour 1000. Les deux lignes pointillées, tracées à partir des ordonnées 100 et 27, indiquent respec-

---

[1] Nous appelons ainsi la souche obtenue par mélange de deux races témoin et potassique.

tivement les activités du ferment potassique et du ferment témoin sur ce milieu; la courbe en traits fins est celle de l'activité, toujours sur ce milieu potassique, du ferment potassique ayant été remis sur milieu témoin pendant un certain délai, indiqué aux abscisses.



Elle traduit bien la remarquable stabilité du *caractère acquis* par la culture sur milieu potassique. Enfin la courbe en trait gras, courbe d'activité de la souche mixte quand elle est remise sur KCl, montre le rapide retour de cette souche au type, par l'élimination des bacilles de race potassique. Cette expérience constitue donc, dans des conditions relativement simples et précises, un des exemples les plus nets qu'on ait donnés encore de sélection par concurrence vitale.

Ces résultats, particulièrement ceux sur la transmission héréditaire, ne peuvent être directement, et sans réserves, étendus aux animaux élevés en organisation. Il n'en était pas moins intéressant de mettre en évidence sur des organismes unicellulaires, dans des conditions si étroitement définies : 1° l'accoutumance; 2° la transmission des caractères acquis; 3° la sélection par concurrence vitale.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *La sexualité provoquée expérimentalement chez un Infusoire :* Glaucoma scintillans. *Prédominance des conditions du milieu dans son déterminisme.* Note de M. **Edouard Chatton** et de Mme **M. Chatton**, présentée par M. F. Mesnil.

On sait depuis Maupas (1889) que la conjugaison des Infusoires est l'équivalent exact des phénomènes essentiels de la sexualité des animaux et des végétaux : maturation avec réduction de moitié du nombre des chromosomes (Prandtl 1907, B. Collin 1909) et fécondation.

Maupas observe que les causes qui déterminent la conjugaison dans les cultures d'Infusoires varient selon que celles-ci sont sauvages ou pédigrées. Dans les premières, elle apparaît généralement par passage des Ciliés de la pléthore à la disette. Dans les secondes, elle ne se produit qu'après une longue série de bipartitions, variable avec les espèces, et seulement quand les Infusoires commencent à montrer des signes de sénescence. Déterminée par la dégénérescence sénile, elle est un rajeunissement qui « en annule et compense les effets délétères ». Elle met les Infusoires en état d'effectuer une nouvelle et longue série de bipartitions. « Elle est, dit Maupas, inhérente à l'organisme et relève de causes internes qui agissent indépendamment des conditions extérieures et de milieu. » « Le rajeunissement caryogamique, écrit-il encore, est complètement indépendant des conditions extérieures [1] ».

Cette notion d'une évolution nécessairement cyclique, alternance de phases de multiplication et de sexualité, est encore aujourd'hui classique. Elle domine toutes nos conceptions sur l'ontogénèse des protistes et a été fortement étayée par la découverte des cycles à générations alternantes des Sporozoaires et des Rhizopodes.

Les recherches des protistologues américains ne l'ont guère ébranlée. Si Calkins (1902, 1904) peut, en changeant la nature du milieu dès l'apparition des premiers signes de dépression (= sénescence), retarder l'extinction des lignées, il ne l'évite point. Woodruff (1908, 1909, 1912), Woodruff et Baitzell (1911) y parviennent puisqu'ils entretiennent une lignée de Paramécies depuis mai 1907 (8400 générations en 1921) sans grandes

[1] Cependant de nouvelles recherches sur les Oligochètes et les Rotifères amènent Maupas à penser que « la fécondation ne répond nullement à un besoin universel et absolu de la vie » (*Œuvre posthume*, 1919).

dépressions ni conjugaison. Mais ils observent de faibles variations « rythmiques » du pouvoir de multiplication au cours desquelles Woodruff et Erdmann (1914) découvrent une « endomyxie » équivalant à une parthénogenèse. Cette parthénogenèse, suppléant ainsi la conjugaison avec la même périodicité et la même indépendance à l'égard des conditions du milieu, ne réalise-t-elle pas sous une forme nouvelle l'évolution cyclique de Maupas? Il est vrai que Métalnikoff n'admet pas que les dépressions soient périodiques et soustraites aux facteurs externes.

Paolo Enriques (1903, 1905, 1909, 1913) s'est vivement attaqué à la notion de sénescence fatale et de conjugaison périodique, et a plaidé l'influence exclusive des facteurs externes. Mais ses travaux n'ont pas exercé d'influence notable sur l'orientation des recherches parce que les techniques employées ont été imprécises et les résultats obtenus purement quantitatifs et inconstants. Il attribue, justement selon nous, les accidents de l'évolution des lignées (dégénérescences, extinctions) aux variations de la flore bactérienne des cultures, mais il ne fait lui-même, comme ses prédécesseurs, que des cultures ouvertes, essentiellement impures. Il croit voir chez *Cryptochilum nigricans*, espèce « à conjugaison facile », une action favorisante des sels sur la zygose, de laquelle il conclut, sans justification, à une action déterminante. Tous ses témoins, même en eau distillée, fournissent un certain pourcentage de couples, souvent supérieur à ceux que donnent les solutions salines.

Zweibaum (1912), reprenant ces recherches sur les Paramécies, n'attribue aux sels qu'une action adjuvante, à l'inanition, au contraire, une action déterminante. Mais quand, dans ses expériences, les Paramécies sont aptes à la conjugaison, il y a des couples dans les témoins, et quand elles y sont réfractaires, toute action est impuissante à déclencher la sexualité.

Notre but a été de provoquer expérimentalement la zygose dans des cultures où celle-ci ne se produit jamais, de rendre *zygogène*, dirons-nous plus commodément, une culture éprouvée comme *azygogène*.

Notre technique a été beaucoup plus rigoureuse que celle de nos prédécesseurs. Nous avons réalisé, en octobre 1920, une culture de *Glaucoma scintillans* pédigrée et pure mixte, c'est-à-dire entretenue sur une seule espèce bactérienne, périodiquement contrôlée. Toutes nos manipulations sont aseptiques. La culture se fait à 19°, dans des tubes à essais contenant 10^{cm^3} de décoction de foin. Elle y atteint son maximum (6000 à 18000 individus selon le milieu liquide) au sixième jour. La multiplication cesse alors par épuisement bactérien et aussi par intoxication. Nous appellerons cette période la *crise*. Par repiquages effectués tous les huit jours, les lignées se perpétuent sans variations notables du pouvoir de multiplication.

Dans ces conditions, la conjugaison apparaît toujours ou n'apparaît jamais selon l'eau de foin employée. Lorsqu'elle apparaît, elle précède la crise de 24 ou 36 heures. L'influence zygogène d'un déséquilibre trophique est ici manifeste.

Mais ce facteur, qui est nécessaire et qui est d'ailleurs complexe, nous le montrerons prochainement, n'est pas suffisant, puisque des cultures effectuées sur certains de nos milieux sont constamment azygogènes.

L'étude spectroscopique comparée de nos milieux de culture, exécutée avec le concours de M. G. Ribaud, nous a constamment révélé une teneur en calcium plus élevée dans les milieux zygogènes que dans les milieux azygogènes. Nous basant sur cette donnée, nous avons ajouté du $CaCl^2$ à nos milieux azygogènes. A la dose de 1^g à 20^g pour 1000, le calcium a toujours rendu zygogène une culture qui ne l'était pas. Mais, poursuivant l'étude de l'action de ce sel, nous avons reconnu que d'autres sels et en particulier $CaBr^2$, $FeCl^3$, NaCl, etc., et des bases (NaOH) avaient un pouvoir zygogène plus ou moins élevé. Dans toutes nos expériences, nos témoins ont été azygogènes [1].

D'une manière générale, le pouvoir de multiplication est plus faible dans les cultures zygogènes que dans les cultures azygogènes. On ne pourrait donc dire que le défaut de conjugaison est dû à son inhibition par quelque facteur nocif pour les Infusoires. Elle serait plutôt le fait d'un tel facteur.

Conclusions. — Nous provoquons expérimentalement et à coup sûr la conjugaison du *Glaucoma scintillans,* espèce à conjugaison rare, en cultures pédigrées pures mixtes, dans des cultures où elle ne se produit jamais naturellement. Le concours simultané de deux facteurs zygogènes au moins est nécessaire pour la déclencher. L'un est toujours réalisé dans nos cultures : déséquilibre trophique au moment de la crise; l'autre contingent : teneur du milieu en certains sels, tous deux facteurs externes, indépendants du pouvoir de multiplication. Il ne saurait donc être question, pour le *Glaucoma scintillans,* d'un cycle évolutif indépendant des conditions extérieures.

ZOOLOGIE. — *Sur le développement des Échinodermes.*

Note [2] de M. Jules Barrois, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Le développement de la forme Pluteus, origine du groupe des Échinodermes, consiste essentiellement dans la conversion du sac gastrique de la gastrula en lacet digestif, accompagnée d'un curieux phénomène d'entre-croisement des deux faces, donnant naissance à un ver reployé placé entre les

---

(1) *Colpidium colpoda* est sensible aux mêmes facteurs.

(2) Séance du 26 mars 1923.

deux extrémités latérales de la face atriale débordantes à droite et à gauche, et que nous appellerons les deux ailes du Pluteus.

Si l'on étudie chez les larves d'Ophiures, considérées comme représentant la *Forme paleopluteus*, la genèse de l'organisme étoilé, on voit que cet organisme n'est autre chose que le produit d'un simple déroulement unilatéral du ver reployé constituant le noyau du Pluteus, déroulement à la suite duquel les deux faces du ver reployé changeant à la fois de forme et de place, se convertissent en deux disques occupant les flancs larvaires et qui ne sont autre chose que les deux faces de l'Étoile.

Ainsi se forme le *stade d'Étoile longitudinale sur larve*, qui ne tarde pas à passer au *stade d'Étoile transversale sur larve*, par bascule de l'Étoile, quittant sa position longitudinale entre les deux ailes larvaires pour venir se placer symétriquement par rapport au Pluteus.

Il y a donc eu successivement conversion de la forme radiée, représentée par la gastrula, en un stade de ver reployé (le Pluteus) suivi d'un retour au type radié primitif par déroulement asymétrique de ce ver.

Nous donnerons à cette nouvelle forme radiée, réunie aux deux ailes entre lesquelles elle se trouve comprise, le nom de *Forme néoradiée;* elle correspond exactement au stade d'Étoile transversale sur larve, et représente pour moi la forme souche de tous les Échinodermes vrais.

Prenons ce stade d'Étoile transversale sur larve (Forme néoradiée) et supposons que l'Étoile se sépare des deux ailes, nous obtiendrons l'Étoile libre, la *forme étoile* origine du groupe des Eleuthéro tout entier.

Mais cette libération de l'étoile peut se faire de deux manières différentes.

Il peut se faire, comme nous le voyons chez les Ophiures, que les deux ailes se réunissent au lobe aboral de la forme Paleopluteus pour former un « larvenrest » postérieur, dorsal par rapport à l'Étoile, d'où l'*Étoile à larvenrest dorsal*, origine des Ophiures.

Il peut se faire, au contraire, que les ailes se réunissent au lobe préoral de la seconde forme plutéenne (*Forme neopluteus*) pour former un larvenrest antérieur, ventral par rapport à l'Étoile, d'où l'*Étoile à larvenrest ventral*, origine des Astéries-Oursins.

Revenons à notre stade d'Étoile transversale sur larve (Forme néoradiée) et supposons que l'étoile et les deux ailes, au lieu de se séparer, se fusionnent en un seul tout, nous obtiendrons, à côté de la forme étoile, produite par la séparation de l'Étoile et du « larvenrest », une seconde forme produite par leur réunion intime.

Nous donnerons à cette seconde forme le nom de *Forme échinocyste*; elle représente pour moi la forme souche du groupe des Pelmato.

Mais de même que nous avons distingué deux formes différentes d'Étoile, de même nous pouvons distinguer deux formes d'Échinocyste, suivant que l'Échinocyste est d'origine néoplutéenne, issu de la réunion de l'Étoile et du « larvenrest » antérieur (stade de larve néotroque) ou qu'il est d'origine paléoplutéenne, issu de la réunion de l'Étoile et du larvenrest postérieur (stade de Larve paléotroque). On est en droit de se demander si de ces deux formes d'Échinocyste ne proviennent pas également les deux types fondamentaux du groupe des Pelmato : le *type Crinoïdien* et le *type Anomocyste*, le premier issu de l'Échinocyste du type Néotroque au moyen de la transformation décrite par moi pour la première fois en 1888, le second, directement issu de l'Échinocyste du type paléotroque, sans qu'il soit besoin d'aucune transformation.

Laissons les Échinodermes vrais pour passer au développement du groupe des Holothuries.

Contrairement à tous les groupes qui précèdent, les Holothuries ne descendent pas de la forme néoradiée, les deux ébauches atriale et aquifère s'enroulant seules en disques transversaux, sans que le gastrentéron et les deux sacs cœlomiques quittent la position longitudinale pour venir s'y superposer, de sorte que l'organisme étoilé en formation entre les deux ailes demeure toujours incomplet. La *forme hémiradiée*, origine des Holothuries, n'est autre chose que le produit de la réapplication des deux ailes sur cet organisme Étoilé incomplet, elle occupe une position exactement intermédiaire entre la *forme échinocyste* issue de la Néoradiée, et la *forme paléocyste* issue de la réapplication des deux ailes sur ver reployé encore intact, ce qui nous permet, vu les affinités de cette dernière avec la forme Têtard, de considérer le groupe des Holothuries comme formant la transition entre les Tuniciers et les Échinodermes vrais.

Les formes Pluteus et Têtard se rapprochent en effet par une double homologie sur laquelle j'attire ici l'attention : l'homologie entre les poches péribranchiales du Têtard et les diverticules atriaux du Pluteus, — entre la portion d'épiderme séparant les diverticules, portion destinée chez le Têtard, à s'enfoncer à l'intérieur pour former, outre la vésicule nerveuse, le vestibule dans lequel s'ouvrent à la fois cette vésicule et la bouche, destinée chez le Pluteus à s'enfoncer à l'intérieur pour former l'épiderme ventral de l'Étoile et la portion nerveuse des pétales qui en dérive.

Cette homologie se trouve du reste confirmée par le parallélisme existant entre l'ensemble du développement des Échinodermes, et des Vermiformes, dont font partie les Procordés.

Reportons-nous à la genèse de l'organisme étoilé précédemment exposée, nous voyons qu'il dérive du déroulement *asymétrique* d'un stade de ver reployé, issu lui-même de la gastrula, par conversion du suc gastrique en lacet digestif. La même succession se retrouve dans tout le groupe des Vermiformes, où la forme rubanée *se trouve invariablement précédée d'un stade de ver reployé* dont elle dérive ensuite par déroulement *symétrique*. Il n'y a d'exception que pour les organismes du type Mollusque (Bryozoaires, Brachiopodes, Mollusques) regardés, d'après l'opinion régnante, comme des vers transformés, et qui ne sont bien plutôt que de simples représentants du stade de ver reployé, généralement appelés à ne pas dépasser ce stade.

On sait que c'est à la suite des travaux de l'illustre zoologiste allemand Müller rapprochant les Echinodermes des Vers (1848) que l'idée a prévalu de faire dériver de ces derniers les organismes du type Mollusque. Ce qui précède nous fixe sur la position exacte à assigner aux Échinodermes, et nous ramène, en ce qui concerne les organismes du type Mollusque, aux idées de la vieille école française, qui les classait dans un groupe à part entre les animaux inférieurs et supérieurs.

La séance est levée à $16^h 15^m$.

E. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 23 AVRIL 1923.

PRÉSIDENCE DE M. ALBIN HALLER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à Sir **Oliver Lodge**, de la Société royale de Londres, qui assiste à la séance.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les singularités des fonctions harmoniques.* Note de M. **Henri Lebesgue.**

Dans des notes récentes [1] MM. P. Noaillon, Émile Picard, Georges Bouligand ont étudié les singularités isolées des fonctions harmoniques bornées ou non. La méthode très simple que je vais exposer ne s'applique qu'aux fonctions bornées, les moins intéressantes à coup sûr de celles considérées dans les notes précitées.

1. Je vais démontrer, par un procédé différent de celui de M. Picard, *qu'une fonction f, bornée dans un domaine* D, *harmonique dans ce domaine sauf peut-être en un point* O *intérieur à* D, *est continue et harmonique dans tout* D. En énonçant cette proposition M. Bouligand ajoute cette condition: f est continue en O; je n'utiliserai pas cette hypothèse supplémentaire.

Soit M le module maximum de f dans le domaine D, qu'on peut toujours diminuer de façon que, pour lui, on sache résoudre le problème de Dirichlet; on pourra, par exemple, réduire D à une sphère de centre O. Soit φ la fonction continue dans tout D et harmonique, égale à f sur la frontière Σ de D; il faut prouver que $f = \varphi$.

Soit σ une sphère contenue dans D, de centre O et de rayon r; soient f_1 et f_2 les fonctions harmoniques entre Σ et σ, égales à f sur Σ et égales,

---

(1) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 879, 933, 1025, 1037.

sur σ, respectivement à $+M$ et à $-M$. Entre Σ et σ, on a

$$f_1 \geqq f \geqq f_2; \quad f_1 \geqq \varphi \geqq f_2.$$

Or $f_1 - f_2$ est la fonction harmonique entre Σ et σ, égale à zéro sur Σ, à $2M$ sur σ; donc $f_1 - f_2$ est, au point P situé à la distance ρ de O, inférieure à la valeur $\frac{2Mr}{\rho}$ d'une fonction potentielle V(P) égale à $2M$ sur σ et positive sur Σ. Et comme $\frac{2Mr}{\rho}$ tend vers zéro avec r, le théorème est démontré.

2. Dans le tome 24 des *Rendiconti del Circolo matematico di Palermo*, j'ai publié, en 1907, un mémoire « sur le problème de Dirichlet » dans lequel j'ai étudié, en particulier, la méthode du balayage de Poincaré. En mai 1910, M. Zaremba m'a fait remarquer que mon raisonnement était incomplet : si on laissait à l'ordre des balayages la large indétermination que j'avais admise, il restait à prouver que la fonction limite obtenue, bornée et harmonique, n'avait pas de points singuliers isolés. C'est pour répondre à l'objection fondée de M. Zaremba, que j'avais imaginé l'artifice précédent. Je n'avais pas encore eu l'occasion de signaler ma faute, ni de dire comment on pourrait la réparer.

Mon mémoire était relatif au cas du plan, mais le raisonnement du paragraphe 1 s'applique à tous les espaces, à condition de prendre dans chacun d'eux la fonction potentielle correspondante.

L'étude de la méthode du balayage dans les divers espaces conduit à considérer le théorème du paragraphe 1 comme le premier d'une suite de propositions; voici le deuxième.

3. *Une fonction f, bornée dans un domaine* D *à trois ou plus de trois dimensions, harmonique dans ce domaine sauf peut-être aux points d'un arc borné de courbe analytique* C, *entièrement intérieur à* D, *est continue et harmonique dans tout* D.

Soit encore M le module maximum de f dans le domaine D et soit φ la fonction continue et harmonique dans D, égale à f sur la frontière Σ de D.

Soit $v(P)$ le potentiel d'une couche attirante de densité 1 répandue sur C et soit $\sigma(K)$ la surface équipotentielle $v = K$. $\sigma(K)$ entoure C et tend vers C, quand K tend vers ∞. $\sigma(K)$ s'éloigne tout entière à l'infini quand K tend vers zéro.

f_1 et f_2 étant harmoniques entre Σ et $\sigma(K)$, égales à f sur Σ, égales, sur $\sigma(K)$, à $+M$ et à $-M$ respectivement, on voit, comme précédemment, qu'entre Σ et $\sigma(K)$ la différence $f_1 - f_2$ est inférieure à $V(P) = 2M\frac{v(P)}{K}$.

Cette quantité tend vers zéro quand K augmente indéfiniment, ce qui démontre le théorème.

4. On aurait pu assujettir la courbe C à des conditions moins restrictives; par exemple, supposer C rectifiable. On aurait pu aussi remplacer C par un assemblage de lignes; par les six arêtes d'un tétraèdre, par exemple.

Le mode de raisonnements utilisé montre aussi que certains ensembles ne sauraient être les ensembles de points singuliers d'une fonction harmonique bornée. C'est ainsi que, d'après 1 et 3, les ensembles réductibles de points ou de courbes rentrent dans cette catégorie. Mais on en aperçoit bien d'autres; par exemple, pour l'espace ordinaire, ceux qui peuvent être enfermés dans des sphères en nombre fini de rayons $r_1, r_2, \ldots, r_n$ et telles que la somme $r_1 + r_2 + \ldots + r_n$ puisse être rendue aussi petite que l'on veut. Si $O_1, O_2, \ldots, O_n$ étaient les centres de ces sphères, on utiliserait alors la fonction potentielle

$$V(P) = 2M\left(\frac{r_1}{O_1P} + \frac{r_2}{O_2P} + \ldots + \frac{r_n}{O_nP}\right).$$

PHYSIQUE. — *Sur la propagation des ondes hertziennes à grande distance : ordre de grandeur des perturbations, en temps, de la propagation.* Note de **M. G. Bigourdan.**

On ignore encore le trajet exact que suivent les ondes hertziennes dans leur propagation entre un point d'émission et un point de réception, situés l'un et l'autre à la surface de la Terre; et les perturbations qu'ils subissent dans leur trajet sont encore mal connues. Cependant, pour l'emploi de ces ondes dans la transmission de l'heure, en vue des longitudes par exemple, il est indispensable de pouvoir répondre à cette question : *Quel est l'ordre de grandeur, en temps, des perturbations possibles dans cette transmission?* Je voudrais montrer que certaines observations permettent de donner un commencement de réponse à cette question.

Les signaux horaires rythmés émis tous les jours, à 10^h, par le poste radiotélégraphique militaire du Champ-de-Mars, à Paris, sont observés dans divers Observatoires, et j'ai publié les résultats dans le *Bulletin horaire*, tome I, pages 57..., 83..., 97... : ce sont les données que j'ai utilisées.

Quand on réduit au même méridien les heures observées ainsi en des points différents, les résultats présentent des discordances assez grandes, dont on entrevoit des causes nombreuses : les principales paraissent être

l'incertitude des longitudes adoptées et les déterminations astronomiques de l'heure.

Pour répondre à la question posée plus haut, il faut donc se rendre indépendant des longitudes, ainsi que des corrections et des marches des pendules; c'est ce que j'ai fait de la manière suivante :

Tous les signaux horaires rythmés ou en *vernier* (et en particulier ceux de 10^h que j'ai employés) consistent en 300 signaux radiotélégraphiques équidistants, séparés par un intervalle d'environ $\frac{49}{50}$ de seconde sidérale, dont on observe les coïncidences sur une bonne pendule; et de ces coïncidences on déduit les heures exactes des signaux 1 et 300. Cet intervalle, qui peut varier légèrement d'un jour à l'autre, est d'environ $4^m 53^s$ sidérales, et je le désignerai par D.

Dans un intervalle aussi court, la marche d'une pendule d'observatoire est toujours très exactement connue; par suite, les valeurs journalières de D doivent être les mêmes partout; du moins les écarts tiendront uniquement aux erreurs d'observation et aux perturbations de propagation.

Nous allons d'abord examiner les résultats obtenus lorsque les cinq observatoires participants ont tous observé les signaux considérés. Entre le 1er janvier et le 9 mai 1922 nous trouvons 53 de ces jours : pour chacun d'eux le Tableau I ci-après donne les D observés. Comme le nombre de secondes est toujours le même ($4^m 53^s$), nous ne donnons pour ces D que la fraction de seconde, en conservant les millièmes pour éviter les accumulations d'erreurs, quoique la publication citée ne donne que les centièmes. La colonne M représente la moyenne

$$\frac{1}{5}(D_p + D_a + D_e + D_g + D_u),$$

et le nombre de la colonne Δ, qui est à la droite de chaque valeur de D, est la *correction* qu'il faut faire à ce D pour retrouver le M correspondant. Les indices ajoutés à D et à Δ sont respectivement les initiales des Observatoires.

En raison du petit nombre d'observatoires participants, les valeurs de M ne doivent pas être rigoureusement exactes, et par suite il en est de même pour les Δ correspondants; mais l'examen du Tableau I justifie les hypothèses faites, c'est-à-dire que les divers Δ ne doivent être affectés que d'erreurs relativement faibles.

Les résultats obtenus à Greenwich sont déduits d'un enregistrement automatique des signaux; dans les autres observatoires, l'observation a été faite à l'oreille.

TABLEAU I. — *Cas de cinq Observatoires.*

Dates. 1922.	Paris. D_p. Δ_p.	Alger. D_a. Δ_a.	Édimb. D_e. Δ_e.	Greenw. D_g. Δ_g.	Uccle. D_u. Δ_u.	M.
Janv.						
3...	140–06	140–06	140–06	120+14	130+04	**134**
4...	140–06	120+14	160+26	120+14	130+04	**134**
5...	110+12	130–08	110+12	130–08	130–08	**122**
9...	110+16	140–14	140+16	140–14	130–04	**126**
11...	140–02	140–02	140–02	140–02	130+08	**138**
13...	160–18	130+12	160–18	130+12	130+12	**142**
14...	110+06	110+06	140–24	110+06	110+06	**116**
17...	110+24	130+04	170–36	110+24	150–16	**134**
18...	120–06	90+24	120–06	110+04	130–16	**114**
19...	120+06	160–34	100+26	140–14	110+16	**126**
20...	120+10	130 00	160–30	110+20	130 00	**130**
21...	140–10	140–10	130 00	110+20	130 00	**130**
23...	140–14	130–04	120+06	110+16	130–04	**126**
Fév.						
2...	130–04	110+16	150–14	110+16	130–04	**126**
10...	110+12	110+12	160–38	120+02	110+12	**122**
17...	130+12	140+02	180–38	130+12	130+12	**142**
25...	140 00	130+10	150–10	140 00	140 00	**140**
28...	140+12	140+12	220–68	130+22	130+22	**152**
Mars						
1...	040+80	140–20	170–50	120 00	130–10	**120**
2...	140–06	140–06	130+04	130+04	130+04	**134**
3...	140–08	130+02	130+02	130+02	130+02	**132**
4...	140–06	140–06	130+04	130+04	130+04	**134**
8...	140+02	140+02	180–38	120+22	130+12	**142**
11...	110+10	110+10	120 00	130–10	130–10	**120**
13...	110+20	150–20	140–10	120+10	130 00	**130**
14...	130–08	100+22	130–08	120+02	130–08	**122**
Mars						
15...	120+08	140–12	110+18	140–12	130–02	**128**
16...	110+14	140–16	130–06	130–06	110+14	**124**
17...	140–08	140–08	130+02	110+22	140–08	**132**
18...	140–06	140–06	150–16	110+24	130+04	**134**
20...	110+08	100+18	130–12	120–02	130–12	**118**
22...	140–10	130 00	130 00	120+10	130 00	**130**
25...	140–12	140–12	130–02	120+08	110+18	**128**
27...	140–10	130 00	140–10	110+20	130 00	**130**
28...	140 00	140 00	150–10	140 00	130+10	**140**
29...	140–08	130+02	150–18	110+22	130+02	**132**
Avril						
1...	110+12	120+02	120+02	130–08	130–08	**122**
3...	110+24	140–06	180–46	110+24	130+04	**134**
4...	100+26	140–14	150–24	110+16	130–04	**126**
5...	110+20	140–10	180–50	110+20	110+20	**130**
7...	120–04	140–24	110+06	100+16	110+06	**116**
11...	150–18	120+12	130+02	130+02	130+02	**132**
13...	110+02	130–18	060+52	130–18	130–18	**112**
15...	110+12	110+12	150–28	110+12	130–08	**122**
22...	140 00	140 00	160–20	130+10	130+10	**140**
24...	110+04	110+04	130–16	110+04	110+04	**114**
27...	110+12	130–08	120+02	120+02	130–08	**122**
Mai						
2...	110+10	140–20	140–20	080+40	130–10	**120**
4...	110+18	120+08	160–32	120+08	130–02	**128**
5...	120+16	160–24	160–24	110+26	130+06	**136**
6...	110+16	130–04	150–24	110+16	130–04	**126**
9...	130+06	130+06	160–24	130+06	130+06	**136**

Les sommes absolues des Δ sont données dans le Tableau III; en les divisant par le nombre de jours (52) on trouve les erreurs moyennes données aussi dans le même Tableau III.

On voit ainsi, par ce Tableau I, que l'erreur de chaque D individuel atteint rarement $0^s,020$.

En discutant de même le cas de quatre Observatoires seulement, on a formé de même le Tableau II :

TABLEAU II. — *Cas de quatre Observatoires.*

Dates. 1922.	Paris. D_p. Δ_p.	Édimb. D_e. Δ_e.	Greenw. D_g. Δ_g.	Uccle. D_u. Δ_u.	M.
Janv. 6	160 00	160 00	190−30	130+30	160
7	160+08	210−42	150+18	150+18	168
10	130+13	180−37	130+13	130+13	143
Févr. 6	110+10	120 00	120 00	130−10	120
18	140−27	110+03	110+03	090+23	113
22	130−05	120+05	120+05	130−05	125
23	110+30	170−30	130+10	150−10	140
24	110+18	150−22	120+08	130−02	128
27	110+10	110+10	130−10	130−10	120
Mars 9	120+10	140−10	130−00	130 00	130
21	110 00	130−20	090+20	110 00	110
23	110+10	130−10	120 00	120 00	120
24	110+18	130−02	120+08	150−22	128
30	140−12	150−22	110+18	110+18	128
Avril 6	110+08	130−12	100+18	130−12	118
12	110+08	140−22	110+08	110+08	118
20	110+08	110+08	140−32	090+18	108
25	110+18	150−22	120+08	130−02	128
29	140 00	160−20	130+10	130+10	140
Mai 1	110+05	110+05	120−05	120−05	115
3	140−30	130−10	120 00	090+30	120
8	130−02	120+08	130−02	130−02	128
11	140−02	160−22	120+18	130+08	138
12	110+23	170−37	120+13	130+03	133
13	140−05	150−15	120+15	130+05	135
15	110+18	150−22	120+08	130−02	128
17	120+08	150−22	130−02	110+18	128
18	120+05	130−05	120+05	130−05	125
19	130−07	130−07	120+03	110+13	123
20	110+25	160−25	140−05	130+05	135
22	110+08	130−12	100+18	130−12	118
23	120+08	150−22	130−02	110+18	128
29	120+08	130−02	130−02	130−02	128
Juin 1	110+13	130−07	120+03	130−07	123
3	130−05	130−05	130−05	110+15	125
8	140−10	130 00	130 00	120+10	130
9	110+10	130−10	120 00	120 00	120
10	110+15	130−05	130−05	130−05	125
12	140−10	150−20	110+20	120+10	130
14	130+08	150−12	140−02	130+08	138
Juin 16	140−02	160−22	140−02	110+28	138
19	110+28	170−32	140−02	130+08	138
20	120+05	130−05	120+05	130−05	125
21	140−05	140−05	130+05	130+05	135
22	140−05	140−05	130+05	130+05	135
23	140−12	130−02	110+18	130−02	128
24	110+15	130−05	140−15	120+05	125
27	140−15	120+05	130−05	110+15	125
29	130−05	100+25	140−15	130−05	125
30	140−12	110+18	130−02	130−02	128
Juill. 1	120+05	140−15	130−05	110+15	125
4	110+28	180−42	130+08	130+08	138
5	110+18	130−02	140−12	130−02	128
6	140 00	160−20	130+10	130+10	140
7	110+08	120−02	110+08	130−12	118
8	120+18	160−22	140−02	130+08	138
12	120−05	100+15	110+05	130−15	115
14	120+13	150−17	130+03	130+03	133
17	110+20	150−20	130 00	130 00	130
19	140−10	120+10	130 00	130 00	130
20	110+08	120−02	110+08	130−12	118
22	140−07	130+03	130+03	130+03	133
24	130+03	160−27	130+03	110+23	133
25	110+18	120+08	130−02	150−22	128
26	140−02	130+08	130+08	150−12	138
28	120 00	110+10	110+10	140−20	120
29	110+18	150−22	120+08	130−02	128
Août 3	130−17	080+33	110+03	130−17	113
4	140−07	130+03	130+03	130+03	133
5	140−07	130+03	130+03	130+03	133
8	140−03	120+17	140−03	150−13	137
9	140−12	100+28	130−02	140−12	128
10	140 00	150−10	120+20	150−10	140
12	110+03	110+03	120−07	110+03	113
16	110+13	100+23	150−27	130−07	123
17	130−05	120+05	120+05	130−05	125
18	140 00	150−10	140 00	130+10	140
19	140−02	130+08	130+08	150−12	138
22	130−02	130−02	140−12	110+18	128
23	140−12	130−02	110+18	130−02	128

TABLEAU II. — *Cas de quatre Observatoires* (suite).

Dates. 1922.	Paris. D_p. Δ_p.	Édimb. D_e. Δ_e.	Greenw. D_g. Δ_g.	Uccle. D_u. Δ_u.	M.
Août 25.....	140–07	130+03	130+03	130+03	**133**
26.....	140–07	130+03	130+03	130+03	**133**
28.....	130–05	110+15	130–05	130–05	**125**
29.....	110+05	110+05	110+05	130–15	**115**
30.....	140–02	150–12	130+08	130+08	**138**
31.....	880+43	000–77	900+23	910–13	**923**
Sept. 1.....	110+08	130–12	120–02	110+08	**118**
4.....	140+08	150–02	170–22	130+18	**148**
5.....	130–18	120+28	200–52	140+08	**148**
8.....	140+10	160–10	150 00	150 00	**150**
9.....	130–07	100+23	130–07	130–07	**123**
11.....	140+03	160–17	140+03	130+13	**143**
12.....	130–07	100+23	130–07	130–07	**123**
13.....	130–10	110+10	130–10	110+10	**120**
14.....	130+08	160–22	130+08	130+08	**138**
15.....	140–05	170–35	120+15	110+25	**135**
16.....	110+15	120+05	140–15	130–05	**125**
19.....	130–10	100+20	120 00	130–10	**120**
20.....	110+23	150–17	140–07	130+03	**133**
21.....	140+03	160–17	140+03	130+13	**143**
22.....	140–10	120+10	130 00	130 00	**130**
Sept. 23.....	110+03	090+23	120–07	130–17	**113**
25.....	110+15	130–05	130–05	130–05	**125**
26.....	140–10	130 00	120+10	130 00	**130**
27.....	130+03	130+03	140–07	130+03	**133**
28.....	130+10	190–50	110+30	130+10	**140**
29.....	140–15	120+05	130–05	110+15	**125**
30.....	140–05	140–05	130+05	130+05	**135**
Oct. 2.....	140–02	150–12	130+08	130+08	**138**
3.....	140–10	130 00	120+10	130 00	**130**
4.....	110+23	130+03	160–27	130+03	**133**
5.....	120+08	170–42	090+38	130–02	**128**
6.....	130–15	090+25	110+05	130–15	**115**
7.....	130+10	150–10	150–10	130+10	**140**
9.....	140+03	180–37	120+23	130+13	**143**
10.....	140+03	160–17	140+03	130+13	**143**
11.....	110+15	180–55	100+25	110+15	**125**
12.....	140–17	110+13	110+13	130–07	**123**
14.....	140–05	160–25	110+25	130+05	**135**
16.....	140+08	180–32	140+08	130+18	**148**
Oct. 17.....	140–12	100+28	140–12	130–02	**128**
18.....	140+08	160–12	160–12	130+18	**148**
19.....	140+03	160–17	140+03	130+13	**143**
20.....	140 00	160–20	130+10	130+10	**140**
21.....	140–25	090+25	100+15	130–15	**115**
23.....	110+25	150–15	130+05	150–15	**135**
24.....	130+03	160–27	110+23	130+03	**133**
25.....	130+05	120+15	140–05	150–15	**135**
26.....	110+30	190–50	130+10	130+10	**140**
27.....	140–10	120+10	130 00	130 00	**130**
28.....	140+18	220–62	130+28	130+18	**158**
30.....	130+05	150–15	130+05	130+05	**135**
31.....	140–07	130–03	130+03	130+03	**133**
Nov. 3.....	140+05	160–15	140+05	140+05	**145**
4.....	140+05	150–05	160–15	130+15	**145**
6.....	140–10	150–20	110+20	120+10	**130**
7.....	140+10	180–30	150 00	130+20	**150**
8.....	140+03	150–07	150–07	130+13	**143**
9.....	140–02	150–12	130+08	130+08	**138**
10.....	170–22	150–02	140+08	130+18	**148**
15.....	140+08	150–02	150–02	150–02	**148**
16.....	140–05	130+05	130+05	140–05	**135**
17.....	160+03	180–17	180–17	130+33	**163**
18.....	110+15	170–45	110+15	110+15	**125**
20.....	140+10	150 00	160–10	150 00	**150**
21.....	120+03	160–37	100+23	110+13	**123**
22.....	120+08	120+08	140–12	130–02	**128**
23.....	160–02	160–02	160–02	150+08	**158**
24.....	110+20	150–20	130 00	130 00	**130**
25.....	110+20	160–30	120+10	130 00	**130**
28.....	140+08	140+08	160–12	150–02	**148**
29.....	130+13	180–37	110+33	150–07	**143**
30.....	140–07	140–07	120+13	130+03	**133**
Déc. 1.....	140 00	160–20	130+10	130+10	**140**
2.....	180–17	160+03	180–17	130+33	**163**
4.....	110+20	130 00	150–20	130 00	**130**
6.....	140–12	140–12	120+08	110+18	**128**
7.....	110+20	170–40	130 00	110+20	**130**
8.....	140+03	160–17	120+23	150–07	**143**
9.....	140–02	140–02	140–02	130+08	**138**

TABLEAU II. — *Cas de quatre Observatoires* (suite).

Dates. 1922.	Paris. D_p. Δ_p.	Édimb. D_e. Δ_e.	Greenw. D_g. Δ_g.	Uccle. D_u. Δ_u.	M.
Déc. 12.....	110+18	170−42	100+28	130−02	**128**
14.....	160−15	150−05	140+05	130+15	**145**
15.....	110+18	160−32	130−02	110+18	**128**
16.....	130+08	160−22	120+18	140−02	**138**
19.....	140−02	150−12	130+08	130+08	**138**
20.....	110+10	110+10	130−10	130−10	**120**
21.....	160−02	150+08	190−32	130+28	**158**
Déc. 22.....	160−04	170−16	160−06	130+24	**154**
23.....	140+03	160−17	140+03	130+13	**143**
27.....	130+10	160−20	140 00	130+10	**140**
28.....	170−30	130+10	130+10	130+10	**140**
29.....	140−05	140−05	130+05	130+05	**135**
30.....	160−12	150−02	130+18	150−02	**148**

TABLEAU III. — *Résultats.*

	5 Observatoires. — $n = 52$.				4 Observatoires. — $n = 173$.				Moy. de
	$\Sigma\Delta$.	$\frac{1}{n}\Sigma\Delta$.	$\Sigma\Delta^2$.	$\sqrt{\frac{1}{n}\Sigma\Delta^2}$.	$\Sigma\Delta$.	$\frac{1}{n}\Sigma\Delta$.	$\Sigma\Delta^2$.	$\sqrt{\frac{1}{n}\Sigma\Delta^2}$.	$\sqrt{\frac{1}{n}\Sigma\Delta^2}$.
		s		s		s		s	s
Paris........	600	0,012	8880	0,013	1731	0,010	27015	0,013	0,013
Alger........	524	0,010	8320	0,013	»	»	»	»	0,013
Édimbourg...	958	0,018	30740	0,024	2717	0,016	72995	0,021	0,022
Greenwich...	628	0,012	11360	0,015	1667	0,010	29395	0,013	0,014
Uccle........	394	0,008	4520	0,009	1651	0,010	24975	0,012	0,011
									0,015

Ainsi l'erreur moyenne générale quadratique de D est $\pm$ $0^s,015$. Mais ce nombre D résulte de deux observations; l'erreur moyenne d'une seule observation est donc $0^s,015 : \sqrt{2}$, soit exactement $0^s,01$.

Pour les distances des Observatoires considérés au point d'émission, les discordances dont nous avons parlé d'abord ne peuvent donc être attribuées ni aux perturbations, ni aux réceptions.

SPECTROSCOPIE. — *Sur l'emploi du chalumeau oxyacétylénique en Analyse spectrale. Applications à la Minéralogie.* Note de M. **A. DE GRAMONT.**

J'ai autrefois donné ici même [1] à propos du spectre de bandes de l'aluminium quelques résultats de l'examen spectral de certains minéraux, introduits en poudre enveloppée de papier à filtre, dans la flamme d'un chalu-

---

[1] *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 1364. Voir aussi *Bull. Soc. fr. de Minéralogie*, t. 35, séance du 8 février 1912.

meau oxyacétylénique. On trouvera dans cette Note la description du dispositif représenté ici : bouteille d'acétylène dissous et d'oxygène comprimé alimentant un chalumeau d'usage courant dans l'industrie, dont la flamme, sortant de la buse B (ouverture 1^{mm}), donne, au moyen des lentilles de quartz L_1 et L_2 une image sur la fente F_1 et F_2 de chacun des spectrographes disposés à cet effet (*fig.* 1).

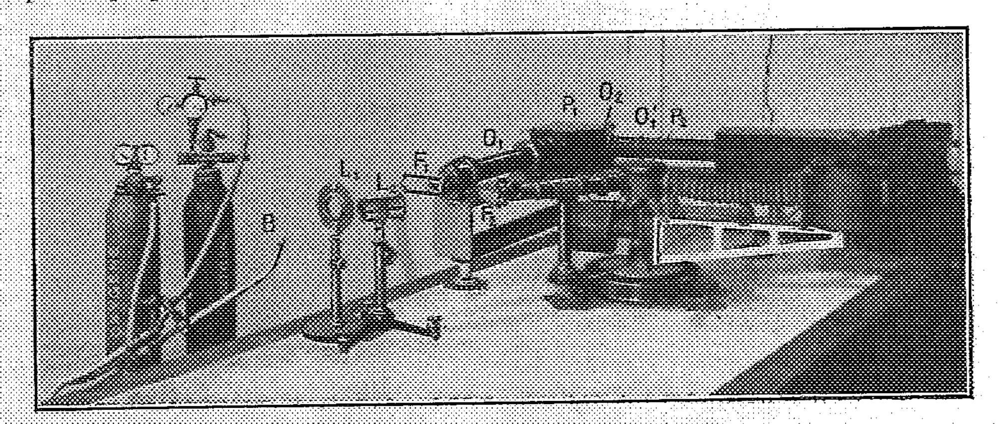


Fig. 1.

La température de cette flamme, très élevée, puisque tous les métaux, sauf le tungstène, y fondent facilement, est notablement supérieure à celle du chalumeau oxhydrique, ou oxygène-gaz d'éclairage avec lequel M. Hartley [1], puis ses collaborateurs, ont accompli de si importantes et fécondes recherches. Aussi la flamme oxyacétylénique est-elle la plus riche en raies, et celle qui fournit le plus facilement les spectres, avec les plus courtes poses.

Les flammes de tous ces chalumeaux donnent au spectrographe, dans l'ultraviolet, les bandes de la vapeur d'eau. Dégradées vers le rouge, les arêtes vives de ces bandes sont tournées vers l'extrême ultraviolet avec les longueurs d'ondes suivantes : bande α, 3063,8; bande β, 2810,8; bande γ, 2607,6; bande δ, 2448,6. La région du spectre la plus pratiquement utilisable pour les recherches analytiques est celle qui précède la première α de ces bandes, qui, avant de se dégrader complètement, est déjà assez affaiblie, vers λ3200 pour permettre l'observation facile des raies plus réfrangibles.

Le spectrographe Hilger F_1, O_1, P_1, O'_1, à deux prismes en crown dit *uviol*, déjà décrit dans les Notes précédentes, paraît être l'instrument indiqué pour ces spectres de flamme. C'est avec lui qu'ont été obtenus les spectres

(1) *Phil. Trans. Roy. Soc.*, II, t. 185, p. 854.

de l'oligiste, de la chromite, et du lépidolite, que nous présentons ici en exemple. Mais, comme contrôle, la région la plus réfrangible du spectre ultraviolet avait été étudiée jusqu'à λ2200 au moyen du spectrographe à optique en quartz F_2, O_2, P_2, à un prisme Cornu, objectifs simples ($F_D = 505^{mm}$, à la chambre), plusieurs fois mentionné dans nos travaux antérieurs.

Ce procédé n'a pas la généralité, on pourrait dire l'universalité, de celui des spectres de dissociation par l'étincelle condensée; mais il est particulièrement sensible et commode pour les métaux suivants : les alcalis et les alcalino-terreux, le cuivre, l'argent, le gallium, l'indium, le thallium, le chrome, le manganèse, le fer, le cobalt, le nickel, l'étain, le plomb, le bismuth.

Le magnésium, le zinc, le cadmium, le mercure donnent aussi une ou deux raies, mais dans des conditions moins satisfaisantes que les métaux précédents.

Les raies de ces spectres sont aussi présentes dans l'arc et dans l'étincelle, la plupart en tant que raies de grande sensibilité, mais elles sont beaucoup moins nombreuses dans les flammes que dans ces sources électriques, et elles s'avancent moins loin dans l'ultraviolet. On les trouvera dans la colonne désignée : *Spectrographe crown uviol* du Tableau des raies ultimes et de grande sensibilité déjà publié ici (¹), mais pour ce qui concerne seulement les éléments que nous venons d'énumérer. Car les terres rares, sauf l'ytterbium qui donne la raie λ3988, n'offrent pas leurs lignes, mais quelques-unes présentent des bandes, assez développées pour le lanthane et l'yttrium. Le propre de ces spectres de flammes à haute température est de fournir, pour beaucoup d'éléments, à la fois quelques raies très sensibles et des systèmes de bandes assez développés comme le montrent les exemples présentés déjà pour le glucinium (²). L'aluminium d'autre part, dans beaucoup de ses composés, dans les micas notamment, donne un spectre de flamme oxyacétylénique très voisin de celui qui est fourni par l'étincelle de self-induction entre pôles d'aluminium, avec cette différence que les raies Al[H']λ3961,5 et Al[K']λ3944,0 sont notablement moins fortes que dans la flamme. On trouvera dans le travail déjà cité (³) les conditions d'apparition de ce spectre de bandes de l'aluminium.

(¹) *Comptes rendus*, t. 171, 1921, p. 1106.
(²) *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 318.
(³) *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 1364.

Pour la plupart des éléments, les raies ultimes des spectres obtenus avec les chalumeaux sont les mêmes que celles des spectres de l'étincelle, ou bien, comme nous l'avons montré déjà [1], la sensibilité maximum sera répartie sur des raies, déjà de grande sensibilité, mais de réfrangibilité moindre. Ainsi, pour les alcalino-terreux, ce seront les raies du type $[g']$, c'est-à-dire Caλ4226,7; Srλ4607,3; Baλ5535,6 qui seront passées au rang d'ultimes u_1 de sensibilité maximum. De même pour le fer : λ3737,1 restera ultime, mais $\lambda\lambda$3859,9; 3745,6; 3719,9 déjà très sensibles (au moins à $\frac{1}{10000}$) dans l'étincelle deviendront raies ultimes, tandis que celles de l'ultraviolet très réfrangible de la colonne *Spectrographe quartz* du Tableau [2] ou bien auront disparu, ou bien auront perdu leur très grande sensibilité.

Mes études avaient porté principalement sur des minéraux de Madagascar, examinés sur la demande de M. Alfred Lacroix, et notamment sur la distribution des alcalis rares ainsi que du gallium, et du thallium dans les pegmatites sodo-lithiques de Madagascar [3]. La plupart des microclines ont montré non seulement du rubidium, mais aussi du cæsium, du gallium et du fer. Des béryls ont révélé du cæsium et du gallium. Les micas biotite, lépidolite (voir *fig.* 3 de la planche ci-après), zinnwaldite, montrent aussi tous les alcalis rares, ainsi que le gallium et le thallium, tandis que les muscovites de la même région ne révèlent ni cæsium ni lithium. Pour ce dernier élément, dont la raie rouge λ6707,9 est visible avec presque tous les silicates et souvent dans les poussières de l'air, on s'est basé sur la raie bleue λ4602,2 très sensible par la photographie et dont les indications sont moins banales. De même pour le sodium dont le doublet λ(3303,0; 3302,03) est d'un caractère moins universel que la double raie jaune [D] typique. Les raies ultimes du potassium, du rubidium et du cæsium sont notablement plus sensibles pour la plaque photographique que pour l'œil. Il en est de même pour les deux lignes λ4172,1 et λ4033,0 du gallium, mais la seconde est souvent masquée dans le triplet ultime, très sensible du manganèse $\lambda\lambda$(4034,55; 4033,1; 4030,8). La raie verte λ5350,5 du thallium, dont l'extrême sensibilité à l'œil est bien connue, est difficile à obtenir en photographie, même sur des plaques sensibilisées spécialement pour le vert; mais elle possède une homologue de la même série

---

(1) *Comptes rendus*, t. 159, 1914, p. 5.
(2) *Comptes rendus*, t. 171, 1921, p. 1106.
(3) Voir Alfred Lacroix, *Minéralogie de Madagascar*. Paris, 1922, t. 2, p. 315.

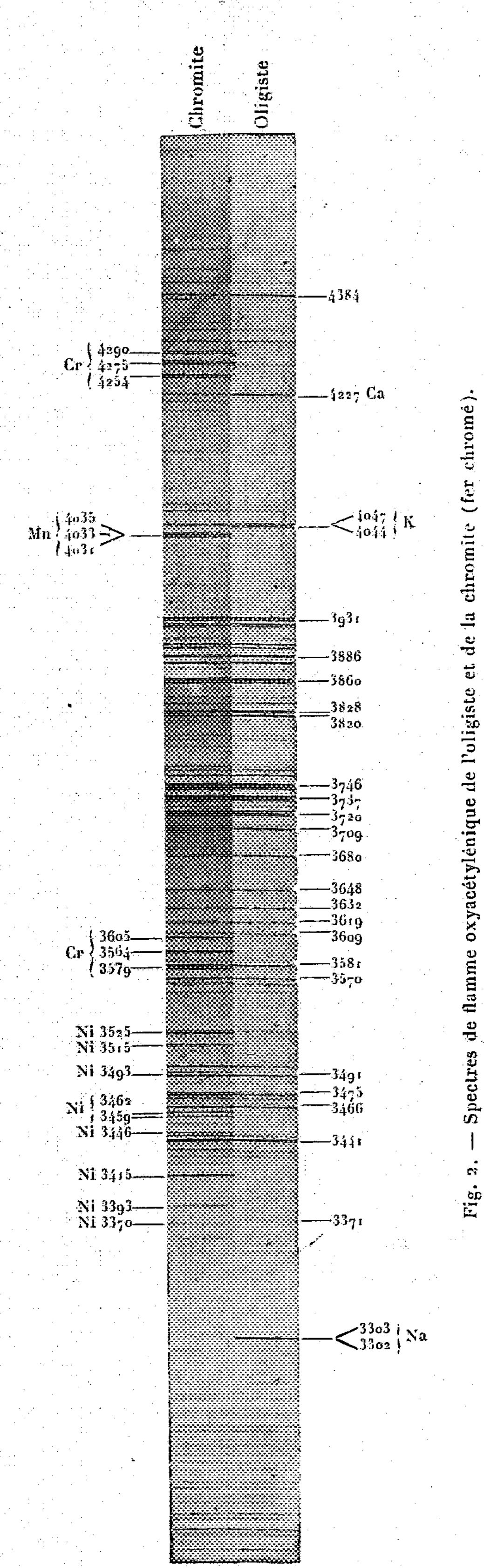


Fig. 2. — Spectres de flamme oxyacétylénique de l'oligiste et de la chromite (fer chromé).

Fig. 3. — Spectre de flamme oxyacétylénique du mica lépidolite.

spectrale principale, dans l'ultraviolet, λ3775,7 de très grande sensibilité photographique dont les indications certaines sont faciles à enregistrer. Parmi les observations que des minéraux d'autres provenances m'ont permis de faire, je citerai les raies ultimes et de grande sensibilité (voir *fig.* 2 de la planche ci-contre) du nickel et du manganèse dans divers fers chromés, du chrome dans les topazes, du cuivre dans l'orthose « pierre de lune » de Ceylan, etc. Parmi les éléments qu'il serait inutile de chercher dans les spectres de flammes très chaudes où ils ne donnent pas de lignes, citons d'abord tous les métalloïdes, et, comme nous l'avons déjà dit, les terres rares, puis le titane, le zirconium, le thorium, le vanadium, le colombium, le tantale, le molybdène, le tungstène et l'uranium.

C'est donc une méthode restreinte, mais qui peut être employée, avec de sérieux avantages, pour la recherche de certains éléments. D'intéressantes applications, par la simple observation oculaire au spectroscope, en ont été faites par M. Albert Brun à la minéralogie et à la pétrographie suisses [1].

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les systèmes triplement indéterminés de cercles* Ω. Note de M. C. GUICHARD.

Je prends dans un espace d'ordre 5 un point m qui décrit un système O triplement indéterminé; soient mt_1, mt_2, mt_3 les tangentes de ce système. A ces droites correspondent [2] dans l'espace ordinaire trois sphères de centres T_1, T_2, T_3. Ces sphères qui sont deux à deux orthogonales se coupent en deux points M et M'. Ces deux points M et M' forment un système deux-points O. On sait que M et M' sont les deux points où la sphère T_1 touche son enveloppe quand u_1 reste fixe; il en résulte que si u_1 reste fixe la surface décrite par M est normale à MT_1, on a des résultats analogues quand u_2 ou u_3 restent fixes. Il en résulte que le point M décrit un système triple dont les tangentes sont MT_1, MT_2, MT_3, d'où le résultat suivant.

Un deux-points O *se compose de deux points* M *et* M' *qui décrivent des systèmes triples orthogonaux tels que les tangentes de même rang se rencontrent.*

La sphère qui a pour centre T_1 et qui passe par M est la première sphère focale du deux-points M M'; si u_1 reste fixe, cette sphère décrit un système de Darboux; il n'en est plus de même si u_2 ou u_3 restent fixes.

---

(1) *Archives des Sciences physiques et naturelles*. Genève, juin 1917.

(2) Voir ma Note du 19 mars.

Le cercle qui passe par M et qui a pour axe T_2 T_3 est le premier cercle focal du deux-points M M'. Si u_1 reste fixe, ce cercle décrit un système de Ribaucour; c'est-à-dire que ces cercles sont normaux à une famille de surfaces.

Soit maintenant P le plan T_1, T_2, T_3; ce plan P est assemblé aux systèmes M et M'; le système P est donc un système Ω. Le cercle qui a pour pôles M et M' est situé dans le plan P; dans un espace d'ordre 5, ce cercle correspond au système plan orthogonal au système M; il en résulte que ces cercles forment un système 3R (¹).

Tout cercle assemblé au deux-points MM' correspond, dans un espace d'ordre 5, à un système plan assemblé au système m; *ce système de cercles est donc un système* Ω. D'où la construction suivante des cercles Ω.

On prend un point M *qui décrit un système triple orthogonal, puis un plan* P *assemblé au système* M et *une droite* L *assemblée au système* P; *le cercle qui a pour axe* L *et qui passe par* M *décrit un système* Ω.

Dans un espace d'ordre 5 il y a ∞^2 systèmes O assemblés à un système Ω; donc :

Sur chaque cercle du système Ω *il y a* ∞^2 *couples-de points tels que* M, M'.

Pour montrer la disposition de ces couples de points, je vais indiquer une autre construction des cercles Ω. Le plan P décrit un système Ω; la droite L qui lui est assemblée décrira un système C; le plan Π du cercle correspond par orthogonalité des éléments au système L; donc le plan Π décrit un système 5R. Le système décrit par le plan Π, dont je désigne les points focaux par α, β, γ, possède les propriétés suivantes :

Il existe dans un espace d'ordre 4 un système plan Π' ayant pour foyers α', β', γ' et tels que :

1° Les triangles $\alpha\beta\gamma$ et $\alpha'\beta'\gamma'$ sont égaux;

2° Si l'on donne à u_1 une valeur constante quelconque les réseaux décrits par α et α' sont applicables : même conclusion pour β et β' quand u_2 est constant et pour γ et γ' quand u_3 est constant.

Cela posé, je prends un point fixe quelconque dans l'espace d'ordre 4, par exemple l'origine O des coordonnées. L'équation

$$x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + x_4^2 = 0$$

peut s'interpréter de deux façons :

(¹) *Sur les systèmes triplement indéterminés*, etc. (*Collection Scientia*, n° 48).

1° Elle représente l'ensemble des points de l'espace d'ordre 4 qui sont situés sur les droites isotropes issues de O;

2° En coordonnées homogènes, dans l'espace ordinaire, elle représente une sphère.

Il résulte de là qu'à chaque point de la sphère on fait correspondre une droite isotrope issue de O. Aux points d'une génératrice de la sphère correspondent un ensemble de droites isotropes qui forment ce que j'appelle un *un-plan isotrope;* soit Δ ce un-plan; Δ et Π' se coupent en un point I'; si je porte $\alpha'\beta'\gamma'$ sur $\alpha\beta\gamma$ le point I' vient en I; le point I décrit un système triple orthogonal.

Quand on fait varier la génératrice de la sphère le lieu du point I' est un cercle qui a pour centre le pied H de la perpendiculaire abaissée de O sur Π' et pour rayon iOH. Le lieu du point I est donc un cercle, ce cercle décrit un système Ω.

A chaque génératrice de la sphère correspond sur le cercle Ω un point qui décrit un système triple orthogonal. A une génératrice du premier système correspond un point I, à une génératrice du second un point J. Le couple I, J forme un couple analogue à MM'.

Si l'on suppose que l'une des variables u_1, u_2, u_3 reste fixe, le système du cercle Ω se réduit à un système doublement infini qui a été trouvé par M. Demoulin, et auquel il a donné le nom de système de cercle K (¹).

Avec mes notations ces systèmes sont 20, car ils correspondent à un réseau 20 dans un espace d'ordre 5.

Il me semble utile d'ajouter que pour les systèmes doublement indéterminés, un système de cercles peut être 20 de plusieurs manières; tandis que pour les systèmes triplement indéterminés, un système de cercles ne peut pas être Ω de plusieurs manières.

(¹) *Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 156 et 310.

BIOLOGIE. — *Les muscles du vol chez les mutants alaires des Drosophiles* (Drosophila melanogaster *Meig.*). Note [1] de MM. L. **Cuénot** et L. **Mercier**.

Des recherches antérieures [2] nous ont montré que chez certains Diptères ayant perdu la faculté de voler, les muscles vibrateurs longitudinaux et vibrateurs transversaux ont totalement disparu, quel que soit l'état d'atrophie des ailes. C'est ainsi que *Crataerhina pallida* Olf., bien que possédant des ailes dépassant l'extrémité de l'abdomen, est dépourvu des muscles du vol, exactement comme *Apterina pedestris* Meig. dont les ailes sont réduites à l'état de courts moignons, et comme *Melophagus ovinus* L. qui est totalement aptère.

Il était indiqué de compléter cette étude par celle de Diptères chez lesquels l'atrophie plus ou moins complète des ailes est le résultat, non plus de facteurs évolutifs inconnus, mais de mutations germinales spontanées. On sait que *Drosophila melanogaster* a donné, dans les élevages de T. H. Morgan, un certain nombre de mutants allant depuis une légère diminution des ailes jusqu'à la disparition totale (types « *miniature*, *rudimentary*, *vestigial*, *no wings* »); grâce à l'obligeance de notre éminent collègue, que nous ne saurions trop remercier, nous avons pu examiner l'état des muscles du vol chez ces différents mutants.

Voici les résultats obtenus :

1° 20 Drosophiles à ailes normales du type sauvage : 17 individus ont des muscles vibrateurs longitudinaux normaux, formés de deux séries parallèles de 6 fibres superposées en file verticale; 3 sont anormaux : 2 ayant 6 fibres d'un côté et 4 de l'autre, 1 ayant 5 fibres d'un côté et 4 de l'autre.

2° 8 Drosophiles du type *miniature* : 6 ont des muscles normaux; 2 sont anormaux : l'un a 6 fibres d'un côté et 9 de l'autre; le second a 6 fibres d'un côté et 7 de l'autre.

3° 4 D. du type *rudimentary*. Tous ont des muscles normaux.

4° 8 D. du type *vestigial* : un seul individu est normal; 7 sont anormaux, un avec 8 et 8 fibres, trois avec 8 et 7, un avec 6 et 8, un avec 6 et 7, et un avec 6 et 5.

5° 7 D. du type *no wings*. Tous ont des muscles normaux.

---

[1] Séance du 16 avril 1923.

[2] L. Mercier, Apterina pedestris *Meig.*, *Les muscles du vol chez certains Diptères à ailes rudimentaires ou nulles* (*Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 716). — L. Cuénot et L. Mercier, *La perte de la faculté du vol chez les Diptères parasites* (*Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 433).

Notons en passant que chez ces 7 mutants aptères les fibres des vibrateurs, dont l'activité doit être nulle, ont conservé leur striation transversale, celle-ci ne différant de l'état normal que par une sidérophilie moins marquée des disques Q. Ceci n'est pas d'accord avec une observation souvent citée mais qui n'est peut-être qu'une légende, la disparition de la striation chez le muscle d'Arthropode qui ne fonctionne plus (Mouches d'hiver, d'après Wagener, Kölliker et Eimer).

Nous tirerons de cet examen des mutants de Drosophiles la conclusion suivante : il n'y a aucun parallélisme entre l'état des ailes et celui des muscles du vol, ce qui confirme nos recherches sur les espèces qui ne volent plus. Le cas des *no wings* est tout à fait démonstratif.

Il ne nous paraît pas qu'à l'état de nature la perte de la faculté du vol se soit opérée par le processus drosophilien (mutations régressives primaires des ailes), nous croyons plutôt qu'elle a dû débuter par des variations numériques en moins dans le nombre des fibres des muscles vibrateurs [voir le cas particulièrement net de *Chersodromia hirta* (1)]; quand cette orthogénèse régressive aboutit à la disparition totale (*Apterina*, *Crataerhina*, *Melophagus*, etc.), il peut se faire (mais ce n'est pas obligatoire) que les ailes s'amoindrissent ou s'annulent. Ce processus chersodromien ne se manifeste pas chez les Drosophiles; si le nombre des fibres présente des variations assez notables (notamment chez les vestigiales), il n'y a pas d'orientation nette dans le sens de la diminution. Dans un cas comme dans l'autre, il semble que la variation n'ait à son début rien à voir avec l'usage, l'utilité ou l'adaptation; à l'état de nature, l'espèce s'arrange comme elle peut des résultats de l'orthogénèse régressive.

M. C. **Moureu** présente à l'Académie le Volume IV des *Tables annuelles de Constantes et Données numériques de Physique, de Chimie et de Technologie*. Le Volume est offert en hommage à l'Académie au nom de MM. C. **Fabry**, G. **Urbain** et C. **Marie**, représentants de la France dans le Comité International chargé de la publication.

M. C. Moureu rappelle quelles ont été les difficultés rencontrées par le Comité pour poursuivre sa tâche après la guerre. Grâce à des souscriptions venues de divers pays, grâce à l'appui apporté par les industriels français,

(1) L. Mercier, *Variation dans le nombre des fibres des muscles vibrateurs longitudinaux chez* Chersodromia hirta *Walk.* (*Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 933).

une partie de la documentation accumulée a pu être publiée. Cette documentation constitue le Volume IV, qui se rapporte aux années 1913 à 1916 inclus.

L'importance scientifique et technique de l'effort accompli par le Comité des Tables a été reconnue par les organisations internationales compétentes : l'Union Internationale de la Chimie pure et appliquée et le Conseil International de Recherches. Sous le patronage de ces puissantes organisations, un Fonds international a été créé pour fournir au Comité les moyens d'action et la sécurité qui lui sont indispensables.

Les adhésions de diverses puissances viennent peu à peu s'ajouter à celles de la France et des États-Unis apportées dès le début, et il est certain que cette organisation sera complète quand, en juin de cette année, se réunira à Cambridge l'Union Internationale de la Chimie pure et appliquée.

Il convient de féliciter le Comité International de la ténacité avec laquelle il a poursuivi, au milieu de difficultés sans nombre, la lourde tâche qui lui avait été confiée en 1909.

L'importance de la documentation numérique n'a été aperçue dès le début que par les esprits les plus clairvoyants. Peu à peu elle s'est révélée à tous quand les Volumes publiés ont montré l'immensité du labeur qui se poursuit dans les laboratoires du monde entier. A l'heure actuelle, on peut dire que dans les milieux scientifiques et techniques elle est universellement reconnue.

Il serait hautement désirable que, conformément à leur titre, les *Tables annuelles* pussent reparaître chaque année. Mais il faut tout d'abord que l'énorme quantité de documents publiés depuis 1917 puisse voir le jour. Ces documents sont rassemblés, et le Comité est prêt à faire l'effort nécessaire pour assurer leur publication. Ils formeront le Volume V.

On souhaite vivement que le Comité International reçoive dans le plus bref délai possible les moyens d'assurer cette publication, dont la France a l'honneur de poursuivre la réalisation.

NOMINATIONS.

M. **Ch. Richet** est désigné pour représenter l'Académie à la célébrat on du 75e anniversaire de la *Société de Biologie*, le 26 mai prochain.

M. **Widal** est désigné pour représenter l'Académie à la séance d'ouverture du *Congrès international de Propagande d'Hygiène sociale et d'Éducation prophylactique sanitaire et morale*, le 24 mai prochain.

MM. **P. Painlevé** et **de Chardonnet** sont désignés pour représenter l'Académie à la séance d'inauguration de l'exposition que l'*Aéro-Club de France* organise pour fêter, le 11 mai prochain, le centenaire du physicien *Charles*, Membre de l'Académie des Sciences, bibliothécaire de l'Institut.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Ungerer. *L'Horloge astronomique de la Cathédrale de Strasbourg*. (Présenté par M. G. Bigourdan.)

2° Le Volume I (1919-1922) des *Travaux de l'Institut de Physiologie générale de l'Université de Strasbourg*, dirigé par E.-F. Terroine. (Présenté par M. L. Guignard.)

3° Ernest Jouy. *Le Père François Jacquier et ses correspondants*. 116 lettres inédites. (Présenté par M. L. de Launay.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un théorème auxiliaire*. Note de M. **N. Gunther**, présentée par M. Hadamard.

I. Théorème. — *Supposons, que dans les formes*

$$A_i = a_1^{(i)}\xi_1 + a_2^{(i)}\xi_2 + \ldots + a_n^{(i)}\xi_n, \qquad i = 1, 2, \ldots, m,$$

les coefficients $a_j^{(i)}$ *soient fonctions continues d'une variable* x *dans l'intervalle* (C) : $-\beta \leqq x \leqq \beta$, *telles que, pour chaque valeur de* x *dans la région* (C), *un au moins des coefficients* $a_j^{(i)}$ *ne soit pas égal à zéro.*

On peut trouver les fonctions $\xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_n$, *continues dans la région* (C), *de manière que pour chaque valeur de* x *de la région* (C) *une au moins des formes* A_i *ne soit pas égale à zéro.*

On ne peut pas étendre ce théorème au cas où les coefficients $a_j^{(i)}$ sont des fonctions de plusieurs variables, continues dans une certaine région (C), en leur supposant seulement la propriété que pour chaque point $(x, y, \ldots)$ de la région (C), un des coefficients $a_j^{(i)}$ n'est pas égal à zéro.

2. Pour démontrer le théorème précédent, on peut commencer par le cas de $n = 2$.

Partageons l'intervalle (C) en un nombre fini d'intervalles plus petits et supposons que la région (C_1) est formée de certains de ces intervalles partiels. Supposons que dans la forme

$$(1) \qquad a\xi^2 + 2b\xi\eta + c\eta^2$$

les coefficients a, b, c soient continus dans (C) et jouissent dans (C_1) de la propriété

$$a \geqq 0, \qquad c \geqq 0, \qquad a + c > \alpha_0 > 0, \qquad ac - b^2 \geqq 0.$$

On peut trouver les fonctions ξ et η continues dans (C) et telles que la forme (1) ne s'annule pas dans (C_1).

Il suffit pour cela de partager la région (C_1) en un nombre fini d'intervalles partiels, tels que les oscillations des fonctions a, c, $ac - b^2$ dans ces intervalles soient respectivement moindres que les nombres $\frac{\gamma}{1}$, $\frac{\gamma}{2}$, $\frac{\gamma^2}{4}$, où

$$\gamma < \frac{\alpha_0}{2}, \quad (\alpha_0 - \gamma)^2 > \gamma^2 + 2N^{\frac{3}{2}}\gamma^{\frac{1}{2}},$$

N étant la plus grande valeur des a, c, $|b|$ et de poser dans ces intervalles

$$\xi = \varphi(x), \qquad |\varphi(x)| < \sqrt{\gamma}, \qquad \eta = \omega'\sqrt{c}, \qquad \omega' = \pm 1,$$

si dans l'intervalle existe un point x_1 où $a < \frac{\gamma}{2}$;

$$\xi = \omega''\sqrt{a}, \qquad \omega'' = \pm 1, \qquad \eta = \psi(x), \qquad |\psi(x)| < \sqrt{\gamma},$$

si dans l'intervalle existe un point x_1 où $c < \frac{\gamma}{2}$;

$$\xi = \omega_1\sqrt{a}, \qquad \eta = \omega_2\sqrt{c}, \qquad \omega_1 = \pm 1, \qquad \omega_2 = \pm 1, \qquad \omega_1\omega_2 b > 0,$$

si dans l'intervalle $a > \frac{\gamma}{2}$, $c > \frac{\gamma}{2}$ et en un point au moins $ac - b^2 = 0$; [$\xi = \varphi(x)$, $\eta = \psi(x)$ ne s'annulant pas simultanément dans les intervalles restants], en choisissant les fonctions $\varphi(x)$, $\psi(x)$ et les nombres ω sous la seule condition que les fonctions ξ, η soient continues.

3. Pour démontrer le théorème, il ne reste qu'à prendre la forme

$$\Sigma A_i^2 = a_1\xi_1^2 + \ldots + a_{n-1}\xi_{n-1}^2 + a_n\xi_n^2 + 2a_{1,2}\xi_1\xi_2 + \ldots + 2a_{n-1,n}\xi_{n-1}\xi_n;$$

à former, en divisant l'intervalle (C) en un nombre fini, mais suffisamment grand, d'intervalles partiels et excluant certains de ces intervalles, la région (C), où $a_n + a_{n-1} > \alpha_0$, en supposant que

$$a_1 + a_2 + \ldots + a_{n-1} + a_n > 2\alpha_0;$$

à choisir les fonctions $\xi_{n-1}^{(0)}$, $\xi_n^{(0)}$, continues dans (C), de manière que

$$a_{n-1}\xi_{n-1}^{(0)2} + 2a_{n-1,n}\xi_{n-1}^{(0)}\xi_n^{(0)} + a_n\xi_n^{(0)2}$$

ne s'annule pas dans (C_1); à poser $\xi_{n-1} = \xi_{n-1}^0\eta_{n-1}$, $\xi_n = \xi_n^{(0)}\eta_{n-1}$ et à recommencer les opérations pour les formes

$$a_1^{(i)}\xi_1 + \ldots + a_{n-2}^{(i)}\xi_{n-1} + [a_{n-1}^{(i)}\xi_{n-1}^{(0)} + a_n^{(i)}\xi_n^{(0)}]\eta_{n-1}.$$

4. Soit donnée une région (C) à deux dimensions, contenant le cercle

$$x^2 + y^2 - r^2 = 0.$$

Supposons que, dans les formes

$$A_1 = a\xi + b\eta, \qquad A_2 = b\xi + c\eta,$$

nous ayons

$$a = (r + x)^2 + y^2, \qquad b = 2ry, \qquad c = (r - x)^2 + y^2:$$

quelles que soient les fonctions ξ et η, continues dans (C), il existe un point (x, y) où les formes A_1, A_2 s'annulent simultanément.

Sur la circonférence du cercle nous avons, effectivement (en posant $\xi = r\cos\varphi$, $\eta = r\sin\varphi$),

$$(a\xi + b\eta)^2 + (b\xi + c\eta)^2 = 16r^4\left(\xi\cos\frac{\varphi}{2} + \eta\sin\frac{\varphi}{2}\right)^2.$$

Or la fonction entre parenthèses au second membre change de signe (ou s'annule) quand φ passe de la valeur 0 à la valeur 2π (1).

---

(1) Le dernier résultat est dû, comme on le voit, à ce que le théorème du n° 1 cesse d'être vrai, même pour le cas d'une variable indépendante, lorsqu'on assujettit les fonctions inconnues ξ à admettre l'intervalle donné comme période [et cela même lorsque les coefficients donnés $a_j^{(i)}$ satisfont à cette condition]. (Note de M. Hadamard.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une application de la dérivée d'ordre non entier au calcul des probabilités.* Note de M. **Paul Lévy**, présentée par M. Hadamard.

1. Riemann a introduit en analyse les notions d'intégrale et de dérivée d'ordre non entier, définies par les formules

$$(1)\quad \left\{ \begin{aligned} & I^\alpha[f(z)] = \frac{z^\alpha}{\Gamma(\alpha)} \int_0^1 (1-t)^{\alpha-1} f(tz)\, dt, \qquad (\alpha > 0), \\ & D^\alpha[f(z)] = I^{-\alpha}[f(z)] = \frac{d^n}{dz^n} I^{n-\alpha}[f(z)], \quad (n \text{ entier} > \alpha). \end{aligned} \right.$$

Nous supposerons le plan de la variable z coupé par la partie négative de l'axe réel, la coupure elle-même étant rattachée au demi-plan supérieur. L'hypothèse que z^α soit réel et positif en même temps que z détermine alors complètement la valeur à prendre pour cette fonction dans les expressions (1).

L'application de ces opérations à e^z conduit à introduire des fonctions Ω et ω vérifiant les formules

$$I^\alpha[e^z] = i^\alpha \Omega_\alpha\left(\frac{z}{i}\right) = \frac{z^\alpha}{\Gamma(\alpha+1)} + \frac{z^{\alpha+1}}{\Gamma(\alpha+2)} + \ldots + \frac{z^{\alpha+m}}{\Gamma(\alpha+m+1)} + \ldots,$$

$$\begin{aligned} i^\alpha \omega_\alpha\left(\frac{z}{i}\right) &= e^z - i^\alpha \Omega_\alpha\left(\frac{z}{i}\right) = \frac{e^z}{\Gamma(\alpha)} \int_z^\infty e^{-t} t^{\alpha-1}\, dt \\ &= \frac{z^{\alpha-1}}{\Gamma(\alpha)} + \frac{z^{\alpha-2}}{\Gamma(\alpha-1)} + \ldots + \frac{z^{\alpha-m}}{\Gamma(\alpha-m+1)} + i^\alpha \omega_{\alpha-m}\left(\frac{z}{i}\right), \end{aligned}$$

cette dernière expression donnant le développement asymptotique de $\omega_\alpha\left(\frac{z}{i}\right)$, à l'infini, dans le plan coupé. De plus, si $\frac{z}{i} = y$ réel, on a

$$\Omega_\alpha(y) = \frac{e^{iy}}{\Gamma(\alpha)} \int_0^y e^{-it} t^{\alpha-1}\, dt, \qquad \omega_\alpha(y) = \frac{e^{iy}}{\Gamma(\alpha)} \int_y^\infty e^{-it} t^{\alpha-1}\, dt,$$

ces formules étant valables lorsque les intégrales qui y figurent ont un sens. Si $0 < \alpha < 1$, ces deux fonctions sont bornées de $-\infty$ à $+\infty$.

2. Soit $F(x)$ une fonction à variation bornée, telle que l'intégrale

$$E_h = \int_{-\infty}^{+\infty} x^h\, dF(x), \qquad (h \geqq 0)$$

soit absolument convergente pour $h \leqq p + \alpha$ (p entier $\geqq 0$, $0 < \alpha < 1$). Posons

$$\varphi(z) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{izx}\, dF(x) = E_0 + iE_1 z + \ldots + E_p \frac{(iz)^p}{p!} + \Phi(z).$$

La dérivée d'ordre $p + \alpha$ de $\Phi(z)$,

$$(2) \qquad D^{p+\alpha}[\Phi(z)] = i^{p+1} \int_{-\infty}^{+\infty} x^{p+\alpha} \Omega_{1-\alpha}(zx)\, dF(x),$$

est finie et continue, et s'annule à l'infini et pour $z = 0$. On en déduit que $\Phi(z)$ est de la forme $z^{p+\alpha}\varepsilon(z)$, $\varepsilon(z)$ s'annulant avec z.

Modifiant un peu et précisant les hypothèses précédentes, supposons que, en dehors d'un intervalle fini $(-X, +X)$, $F(x)$ soit continu, et admette une dérivée de la forme

$$f(x) = \frac{k[1 + g(x)]}{|x|^{p+\alpha}},$$

k désignant une constante et $g(x)$ une fonction telle que l'intégrale de $\left|\frac{g(x)}{x}\right|$, de $-\infty$ à $-X$ et de X à $+\infty$, soit finie. Alors E_h a un sens pour $h < p + \alpha$, mais non pour $h = p + \alpha$. L'expression (2) reste bien définie et continue, sauf pour $z = 0$, mais ne s'annule plus pour cette valeur. $\Phi(z)$ est alors de la forme $-A|z|^{p+\alpha}[1 + \varepsilon(z)]$, A étant une constante et $\varepsilon(z)$ s'annulant avec z.

3. Supposons que $F(x)$ représente la probabilité pour qu'une variable soit inférieure à x. Alors $\varphi(z)$ est la fonction caractéristique de la loi de probabilité; $E_0 = 1$; E_1, s'il a un sens, peut être rendu nul par un changement d'origine; E_2, fini ou infini, est nécessairement positif, de sorte que $\varphi''(0)$ n'est jamais nul.

On sait l'importance des lois de probabilités L_α pour lesquelles

$$(3) \qquad \psi(z) = \log \varphi(z) = -|z|^\alpha, \qquad (\alpha > 0),$$

qui comprennent la loi de Gauss comme cas particulier; si plusieurs variables indépendantes sont telles que leurs quotients par des facteurs convenables obéissent à une même loi L_α, il en est de même de leur somme.

Ces lois n'existent d'ailleurs que pour $\alpha \leqq 2$, puisque $\varphi''(0)$ ne peut pas être nul. Pour $\alpha = 2$ on a la loi de Gauss et pour $\alpha = 1$ une loi considérée par Cauchy. Mais il n'est pas évident que pour les autres valeurs de α entre 0 et 2 les lois L_α existent effectivement. Il faut, pour établir leur existence,

prouver que l'expression de $F'(x)$ déduite de $\varphi(z)$ par la formule connue de Fourier, n'est jamais négative. Ce résultat n'a encore été démontré que pour $\alpha < 1$, par M. G. Pólya. Or les résultats du n° 2 permettent de démontrer aisément l'existence des lois L_α, pour $\alpha \leqq 2$ (j'avais énoncé ce résultat sans démonstration dans une Note antérieure, le 27 mars 1922).

Nous savons, d'après le n° 2, former une loi de probabilité pour laquelle

$$\psi(z) = -|z|^\alpha[1 + \varepsilon(z)].$$

Si n variables indépendantes obéissent à cette loi, le quotient de leur somme par $N = n^{\frac{1}{\alpha}}$ obéit à une loi $\mathcal{L}_\alpha^n$ pour laquelle

$$\psi(z) = -|z|^\alpha\left[1 + \varepsilon\left(\frac{z}{N}\right)\right].$$

Cette expression tendant, pour n infini, vers la limite (3), et cela uniformément dans tout intervalle fini, il résulte du n° 2 de ma Note du 13 décembre 1922 que la loi $\mathcal{L}_\alpha^n$ tend vers la loi L_α, dont l'existence est ainsi démontrée.

Plus généralement, considérons des fonctions $\varphi_i(z)$ vérifiant, dans un petit intervalle $(-\zeta, +\zeta)$, l'inégalité

$$|\log\varphi_i(z) + |z|^\alpha| < |z|^\alpha \varepsilon(z)$$

(ε s'annulant avec z et étant, ainsi que ζ, indépendant de l'indice i), et des coefficients a_i tel que le plus petit des rapports

$$\frac{A^\alpha}{a_i^\alpha} = \frac{a_1^\alpha + a_2^\alpha + \ldots + a_n^\alpha}{a_i^\alpha}, \qquad (i = 1, 2, \ldots, n)$$

soit infini avec n. Alors, si n variables indépendantes obéissent à des lois de probabilités dont les fonctions caractéristiques sont

$$\varphi_1(a_1 z), \quad \varphi_2(a_2 z), \quad \ldots, \quad \varphi_n(a_n z),$$

le quotient de leur somme par A obéit à une loi qui tend, pour n infini, vers la loi L_α.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les variétés sans torsion.* Note de M. René Lagrange, présentée par M. Émile Borel.

Dans une Note récente [1] j'ai établi quelques propriétés des surfaces à torsion totale nulle, dans l'espace euclidien. Il résulte de leur définition que toute courbe, et toute V_{n-1} d'un espace E_n quelconque, sont à torsion totale nulle. Il faut donc bien distinguer cette notion de la notion de courbe sans torsion de l'espace ordinaire.

Je me suis proposé de généraliser cette dernière notion, dans un espace quelconque. Remarquons que la définition des variétés à torsion totale nulle ne fait pas intervenir la normale particulière dénommée « normale de courbure moyenne ». Cette normale, en général, se déplace par rapport au système d'axes normaux qui annule les rotations de torsion $R_a^{\alpha\beta}$, et qui est défini à une rotation constante près.

J'appelle alors « variété sans torsion » une variété à torsion totale nulle dont la normale de courbure moyenne est invariablement liée à ce système d'axes normaux.

Théorème. — *Une V_p sans torsion, dans un espace euclidien, a au plus $2p$ dimensions euclidiennes.*

Ce théorème se généralise encore : si la V_p ne possède que les torsions relatives à m normales [2], parmi lesquelles la normale de courbure moyenne, elle a $2p+m-1$ dimensions au plus.

Il résulte de ce théorème que les V_2 sans torsion, dans un espace euclidien, comprennent les surfaces de l'espace ordinaire, et une certaine catégorie de surfaces de l'espace euclidien à quatre dimensions.

Pour déterminer ces dernières, prenons la normale de courbure moyenne pour l'un des axes normaux a_i^1, et les directions principales de la V_2 pour axes tangents. Avec la notation des Notes précédentes [3], on a

$$ds^2 = du_1^2 + du_2^2,$$

et l'on peut désigner les rotations externes par

$$P_{11}^1 = \lambda_1, \qquad P_{22}^1 = \lambda_2, \qquad P_{11}^2 = -P_{22}^2 = \mu, \qquad P_{12}^\alpha = 0.$$

---

[1] *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 562.

[2] Ceci s'exprime par $R_a^{\alpha\beta} = 0$ pour $\alpha > m$ ou $\beta > m$, pour un choix convenable des axes normaux.

[3] *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 1325, et t. 174, 1922, p. 658.

$dy_1 = \sqrt{\mu}\, du_1$ et $dy_2 = \sqrt{\mu}\, du_2$ sont alors des différentielles exactes. On peut poser $\mu = e^{\varphi}$, $\lambda_1 \lambda_2 = e^{\varphi+\psi}$, et ψ est lié à φ par la relation

$$e^{\psi} = e^{\varphi} + \frac{1}{2}\left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial y_1^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y_2^2}\right); \tag{1}$$

enfin le rapport $k = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$ est défini par les deux équations aux dérivées partielles

$$\left\{\begin{aligned} \frac{\partial k}{\partial y_1} &= \quad k\frac{\partial \psi}{\partial y_1} + k^2 \frac{\partial \varphi}{\partial y_1}, \\ \frac{\partial k}{\partial y_2} &= - k\frac{\partial \psi}{\partial y_2} - \quad \frac{\partial \varphi}{\partial y_2}, \end{aligned}\right. \tag{2}$$

dont la condition d'intégrabilité est une équation du second degré en k.

Les surfaces en question dépendent de quatre fonctions arbitraires d'un argument. Leur recherche se simplifie si la condition d'intégrabilité s'évanouit, circonstance caractéristique des surfaces qui sont, de plus, développables ($\psi = \varphi$). Celles-ci se partagent en trois familles, définies à une similitude près.

La première famille contient une double infinité de surfaces, la deuxième une simple infinité; de même la troisième.

Cette dernière famille comprend les surfaces de translation engendrées par deux cercles complètement orthogonaux; leurs lignes de courbure sont circulaires et isothermes, et leurs trois courbures externes sont constantes. Elles présentent de très grandes analogies avec les sphères. La conique polaire d'une telle surface S est décomposée en deux droites orthogonales, dont le centre est fixe dans l'espace. Tout point, invariable par rapport au 4-èdre défini par les directions principales et les axes normaux sans torsion, décrit une surface parallèle à S, et admettant les mêmes droites polaires. Enfin toutes les droites polaires de S se partagent entre deux 1-plans complètement orthogonaux, et toutes les directions principales sont parallèles à ces deux 1-plans.

On peut déterminer des surfaces sans torsion, non développables, en se donnant certaines conditions particulières. On peut, en particulier, obtenir explicitement les surfaces dont l'une des courbures λ_1 ou λ_2 est nulle; elles dépendent d'une fonction arbitraire d'un argument.

Je signalerai encore que la recherche des surfaces pour lesquelles $\lambda_1 = \lambda_2$ (cette valeur commune est alors constante), ou dont les trois courbures externes λ_1, λ_2, μ sont fonctions de l'une d'entre elles, conduit à l'équation des surfaces à courbure totale constante positive, de l'espace ordinaire.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur la distance de deux ensembles.* Note [1] de M. **Maurice Fréchet**, présentée par M. Emile Borel.

Les résultats obtenus par M. Tadé Wazewski [2] (et ceux de M. Nikodym qu'il cite) ont été manifestement démontrés d'une façon directe. Il ne sera peut-être pas sans intérêt de remarquer qu'on peut aussi les considérer comme cas particuliers de propositions de forme analogue mais concernant les *fonctions* mesurables.

J'ai indiqué en effet dans mon Mémoire : *Esquisse d'une théorie des ensembles abstraits, University of Calcutta*, 1922, que, lorsqu'on adopte pour définir la convergence d'une suite d'éléments la convergence en mesure de F. Riesz, les fonctions mesurables forment une classe ($\mathfrak{D}$) séparable et complète et qu'à ce titre elles jouissent de toutes les propriétés que j'ai obtenues pour les classes de cette espèce.

En restreignant ces propriétés au cas où les fonctions mesurables considérées ne peuvent prendre que les valeurs zéro et un, on obtiendra les propriétés P, I, II, III, IV, *de M. Tadé Wazeswki et un grand nombre d'autres.* Il suffira de considérer chacune de ces fonctions comme la « fonction caractéristique » d'un ensemble mesurable : celle qui est égale à un sur cet ensemble et à zéro ailleurs.

Sans insister ici sur les nouvelles propriétés qu'on obtiendrait de cette manière, nous nous contenterons d'observer qu'en opérant ainsi plusieurs des propositions de M. Wazewski se trouvent précisées ou complétées.

Par exemple, sa proposition IV sera remplacée par la propriété plus précise suivante :

Si la distance (F, F_n) d'un ensemble variable F_n à un ensemble fixe F tend vers zéro quand l'entier n croît, on peut extraire de la suite des F_n une suite d'ensembles F_{n_p} telle que, quel que soit le nombre $\varepsilon > 0$, les ensembles F et F_{n_p} coïncident à partir d'une valeur suffisamment grande de n_p, sauf dans un ensemble indépendant de n_p et de mesure inférieure à ε.

De même la proposition I de M. Wazewski résulte de cette propriété générale que dans toute classe ($\mathfrak{D}$) séparable, tout ensemble est condensé, ce qui se traduit ici par la proposition particulière suivante, plus complète que celle de M. Wazewski :

---

[1] Séance du 3 avril 1923.

[2] *Sur les ensembles mesurables* (*Comptes rendus*, 8 janvier 1923).

Pour toute famille $\mathcal{F}$ non dénombrable d'ensembles mesurables distincts, on peut assigner un ensemble mesurable F jouissant des propriétés suivantes : 1° on peut extraire de la famille $\mathcal{F}$ une suite d'ensembles F_1, F_2, qui, pour tout nombre $\varepsilon > 0$, coïncident avec F en dehors d'un même ensemble de mesure inférieure à ε; 2° si l'on enlève de la famille $\mathcal{F}$ une famille dénombrable quelconque d'ensembles, la suite $F_1, F_2, \ldots$ n'appartiendra peut-être plus à la nouvelle famille restante; mais on pourra extraire de celle-ci une nouvelle suite convergeant au sens précédent vers *le même* ensemble F.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur le problème du schéma des urnes.* Note de M. **Alf. Guldberg**, présentée par M. Émile Borel.

M. Borel a donné ce nom, comme on sait, au problème général de la statistique mathématique :

« Déterminer un système de tirages effectués dans des urnes de composition fixe, de telle manière que les résultats d'une série de tirages, interprétés à l'aide de coefficients fixes convenablement choisis, puissent avec une très grande vraisemblance conduire à un tableau identique au tableau des observations (¹). »

Dans les lignes qui suivent je me permets de traiter un cas spécial de ce problème.

Soient $\xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_k$ les valeurs possibles d'une quantité x, $p_1, p_2, \ldots, p_k$ leurs probabilités, où $\Sigma p = 1$; l'ensemble des valeurs $\xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_k$ et leurs probabilités correspondantes est dit la loi de répartition de x. Si l'épreuve renouvelée de x un grand nombre de fois donne successivement les valeurs $x_1, x_2, \ldots, x_n$, cette série est dite normale, engendrée par la quantité x. Une série statistique est donnée. Quand a-t-elle le caractère d'une série normale ?

Nous faisons r séries d'épreuves, le nombre d'épreuves dans chaque série est s, la loi de répartition de x est la même dans toutes les épreuves.

Les nombres d'arrivées des valeurs $\xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_k$ dans les r séries sont respectivement

$$\text{(A)} \qquad m_1^{(i)},\ m_2^{(i)},\ \ldots,\ m_k^{(i)} \quad (i = 1, 2, \ldots, r),$$
$$s = m_1^{(i)} + m_2^{(i)} + \ldots + m_k^{(i)}.$$

(¹) Emile Borel, *Eléments de la Théorie des Probabilités*, p. 167.

Les rapports

$$\frac{m_i^{(1)}}{s}, \quad \frac{m_i^{(2)}}{s}, \quad \ldots, \quad \frac{m_i^{(r)}}{s}$$

sont les valeurs numériques, expérimentales de la probabilité p_i. La moyenne arithmétique

$$p_i^{(0)} = \frac{\frac{m_i^{(1)}}{s} + \frac{m_i^{(2)}}{s} + \ldots + \frac{m_i^{(r)}}{s}}{r} \qquad (i = 1, 2, \ldots, k)$$

est la valeur « la meilleure » de p_i déduite de ces séries. Les écarts

$$(1) \qquad x_i^{(j)} = s p_i - m_i^{(j)} \qquad (j = 1, 2, \ldots, r;\ i = 1, 2, \ldots, k)$$

se répartissent approximativement, après le théorème de Bernoulli, suivant la loi de probabilité

$$(\mathrm{I}) \qquad \frac{h_i}{\sqrt{\pi}} e^{-h_i^2 x^2} = \frac{1}{\sqrt{2\pi s p_i(1 - p_i)}} e^{-\frac{x^2}{2 s p_i (1-p_i)}}.$$

Une valeur approchée de h_i est

$$(a) \qquad h_i = \frac{1}{\sqrt{2 s p_i^{(0)} [1 - p_i^{(0)}]}}.$$

Les écarts (1) se répartissent suivant la loi (I); une valeur approchée de h_i est, après la théorie des erreurs ([1]),

$$(b) \qquad h_i = \sqrt{\frac{r - 1}{[\lambda_i \lambda_i]}},$$

où

$$\lambda_i^{(j)} = s p_i^{(0)} - m_i^{(j)} \qquad (j = 1, 2, \ldots, r; \quad i = 1, 2, \ldots, k),$$
$$[\lambda_i \lambda_i] = [\lambda_i^{(1)}]^2 + [\lambda_i^{(2)}]^2 + \ldots + [\lambda_i^{(r)}]^2.$$

Pour un nombre fini de séries (A) les deux valeurs de h_i données par les formules (a) et (b) doivent être approximativement égales. Les rapports

$$(x_i^2) = \frac{\frac{[\lambda_i \lambda_i]}{r - 1}}{s p_i^{(0)} [1 - p_i^{(0)}]} \qquad (i = 1, 2, \ldots, k)$$

doivent approximativement être égaux à un.

Inversement, soit donnée une série statistique de la forme (A) des

([1]) Voir J. BERTRAND, *Calcul des probabilités*, p. 203.

nombres d'arrivées des valeurs $\xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_k$, où les nombres

$$m_i^{(1)}, m_i^{(2)}, \ldots, m_i^{(r)} \qquad (i = 1, 2, \ldots, k)$$
$$[s = m_i^{(1)} + m_i^{(2)} + \ldots + m_i^{(r)}]$$

se répartissent autour de leur moyenne arithmétique M_i suivant la loi de Gauss $\frac{H_i}{\sqrt{\pi}} e^{-H_i^2 \lambda^2}$.

Si les rapports

$$(x_i^2) = \frac{\frac{[\lambda_i \lambda_i]}{r-1}}{s p_i^{(0)}[1 - p_i^{(0)}]} \qquad (i = 1, 2, \ldots, k),$$

où

$$\lambda_i^{(j)} = M_i - m_i^{(j)},$$
$$p_i^{(0)} = \frac{\frac{m_i^{(1)}}{s} + \frac{m_i^{(2)}}{s} + \ldots + \frac{m_i^{(r)}}{s}}{r}$$

sont approximativement égaux à un, la série statistique donnée a le caractère d'une série normale, engendrée par une quantité x, dont la répartition est $(\xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_k, p_1, p_2, \ldots, p_k)$. Les rapports $\frac{m_i^{(1)}}{s}, \frac{m_i^{(2)}}{s}, \ldots, \frac{m_i^{(r)}}{s}$ sont les valeurs numériques, expérimentales de la probabilité p_i.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur la probabilité d'existence des lois biologiques.* Note de M. **Stanislas Millot**, présentée par M. d'Ocagne.

I. Laplace a montré naguère que la loi réglant les naissances humaines donnait la prédominance au sexe masculin ; le degré de certitude que la probabilité de naissance d'un garçon diffère de 0,5 est en effet très élevé.

Des problèmes biologiques analogues, et d'intérêt pratique incontestable, se posent journellement quand on recherche les meilleurs moyens de diagnostiquer et de guérir les diverses maladies.

Supposons, par exemple, que sur un lot de personnes atteintes d'une même maladie, on ait essayé une réaction nouvelle et obtenu, dans la *moitié* des cas, un résultat positif ; si, dans une contre-expérience faite sur un lot de personnes saines, la même réaction donne encore, pour la *moitié* des cas, un résultat positif, la probabilité apparente de la réaction positive est $\frac{1}{2}$ et l'on ne peut dire qu'il y ait une relation entre la maladie considérée et la réaction expérimentée.

Lorsque les réactions positives sont en majorité dans le premier lot et en minorité dans le lot de contre-expérience, on soupçonne l'existence d'une telle relation, mais la conviction ou le doute ne reposent actuellement que sur des bases fragiles.

On pourrait cependant obtenir très simplement, en évaluant le degré de certitude que la probabilité d'une réaction positive n'est pas $\frac{1}{2}$, le *poids* de chaque expérience réalisée, poids dépendant du nombre des cas examinés et de la proportion des réactions positives constatées.

II. Soient m le nombre des épreuves faites, r le nombre des réactions positives. Il y a [1] un degré de certitude $P = \Theta(t)$ que la probabilité, par épreuve, d'une réaction positive, est comprise entre deux limites z_1 et z_2 données par l'équation

$$z^2(m + 2t^2) - 2z(r + t^2) + \frac{r^2}{m} = 0. \tag{1}$$

Pour qu'une probabilité donnée Z soit extérieure à l'intervalle de z_1 à z_2, il ne faut pas qu'on donne à t une valeur supérieure à celle obtenue en substituant Z à z dans l'équation (1).

La limite de t est donc

$$t = \text{valeur absolue}\,\frac{mZ - r}{\sqrt{2mZ(1 - Z)}} \tag{2}$$

Si l'on fait $Z = \frac{1}{2}$, elle se réduit à

$$t = \text{valeur absolue}\,\frac{m - 2r}{\sqrt{2m}}. \tag{3}$$

On prendra $\Theta(t)$ comme *poids* de l'expérience considérée et l'on calculera de même les *poids* des contre-expériences faites sur des individus sains ou atteints d'autres maladies.

Le calcul est d'ailleurs réduit à une simple lecture si l'on se sert d'un nomogramme à points alignés formé de deux échelles rectilignes pour $\Theta(t)$ et r, et d'une échelle courbe (hyperbole) pour m. La difficulté dans ce genre de problèmes n'est donc que d'appliquer à bon escient le procédé.

Le nomogramme construit d'après la formule (3) peut aussi servir pour évaluer la probabilité qu'un tir est mal réglé.

Contrairement aux méthodes classiques, les formules (2) et (3) ne sont en défaut, ni quand $r = 0$, ni quand $r = m$, cas particuliers souvent rencontrés dans la pratique.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 31.

III. *Remarque.* — La formule (2) ci-dessus permet de simplifier considérablement le calcul de t dans un problème plus complexe précédemment étudié [1].

Il suffit de porter, dans cette formule, comme valeur de Z, la racine commune aux deux équations du type (1):

$$Z = \frac{1}{m - m'}\left[(r - r') \pm \left(r\sqrt{\frac{m'}{m}} - r'\sqrt{\frac{m}{m'}}\right)\right]. \tag{4}$$

Cette racine commune est comprise entre $\frac{r}{m}$ et $\frac{r'}{m'}$.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur le paradoxe de d'Alembert.*
Note de M. **D. Riabouchinski**, présentée par M. G. Kœnigs.

Supposons qu'un solide est immergé dans un fluide parfait, incompressible, limitée à l'infini par une membrane infiniment mince et parfaitement extensible (ou simplement par une surface libre) et qu'une pression uniforme et constante est appliquée sur la face extérieure de cette membrane. Supposons aussi qu'il n'y a pas de forces extérieures agissant sur les éléments de volume du fluide et qu'au moment initial le fluide et le solide sont au repos.

Si l'on communique au corps un mouvement de translation uniforme, le mouvement du fluide sera, en raison des théorèmes de Lagrange et de Kelvin, irrotationnel et acyclique et le mouvement relatif sera permanent, pourvu que la pression ne devienne nulle part négative à la surface du corps. Si cette dernière condition n'est pas satisfaite en un point à la surface du corps, une cavitation commencera à se creuser dans le fluide en ce point; le mouvement relatif cessera d'être permanent, mais il continuera à être, à chaque instant, irrotationnel et acyclique. Cette cavitation possédera une certaine énergie d'expansion. Après avoir atteint le maximum de son expansion, la cavitation commencera à diminuer le volume et, lorsqu'elle se contractera complètement, un choc aura lieu et une perte d'énergie cinétique s'ensuivra.

Les cavitations suffisamment petites peuvent être traitées comme des sources à débits variables. Pour donner plus de généralité au problème, nous admettons que le volume du corps peut varier dans le temps et qu'un

[1] *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 564.

mouvement giratoire se superpose, comme cela a effectivement lieu dans les fluides réels, au mouvement produit par les sources. On aura alors, si le mouvement est à deux dimensions, dans le voisinage d'un point singulier d'affixe z', un développement de la forme

$$w=\left(\frac{\alpha}{2\pi}+\frac{i\varkappa}{2\pi}\right)\log(z-z')+(u_1-iv_1)(z-z')+\ldots.$$

Nous dirons que le point z' est une *source-tourbillon* d'intensité $\alpha+i\varkappa$. Pour passer à un mouvement irrotationnel acyclique, il suffira d'annuler dans les formules données ci-dessous les constantes cycliques $\varkappa_0, \varkappa_1, \ldots, \varkappa_n$.

Dans le cas de n sources-tourbillons se mouvant autour d'un cylindre de révolution de rayon variable c, on obtient la relation

$$w=u_0\left(z+\frac{c^2}{z}\right)-iv_0\left(z-\frac{c^2}{z}\right)+\left(\frac{\alpha_0}{2\pi}+\frac{i\varkappa_0}{2\pi}\right)\log z$$
$$+\sum_{k=1}^{k=n}\left[\frac{\alpha_k}{2\pi}\log\frac{\left(z-\frac{c^2}{r_k}e^{i\theta_k}\right)(z-r_k e^{i\theta_k})}{z}+\frac{i\varkappa_k}{2\pi}\log\frac{\left(z-\frac{c^2}{r_k}e^{i\theta_k}\right)}{z(z-r_k e^{i\theta_k})}\right],$$

où u_0, v_0 sont les composantes de la vitesse à l'infini; r_k, θ_k les coordonnées polaires de la $k^{\text{ième}}$ source-tourbillon d'intensité $\alpha_k-i\varkappa_k$; $\varkappa_0$ la circulation indépendante autour du cylindre et $\alpha_0=2\pi c\frac{dc}{dt}$.

En calculant la pression du fluide sur le cylindre, il faut tenir compte de ce que non seulement la position des sources-tourbillons peut varier dans le temps, mais également l'intensité des sources $\alpha_0, \alpha_1, \ldots, \alpha_n$.

Dans le cas d'une seule source-tourbillon d'intensité $\alpha_1-i\varkappa_1$, en choisissant les axes de coordonnées de façon que la source-tourbillon se trouve à l'instant considéré sur l'axe OX, on a comme projections sur les axes de la résultante des pressions hydrodynamiques sur le cylindre :

$$X=X_S+X_T,\qquad Y=Y_S+Y_T,$$

où

$$X_S=\rho\alpha_1 u_1+\rho(\alpha_0-\alpha_1)u_0-\rho\frac{d}{dt}\left(\frac{c^2\alpha_1}{r_1}\right),$$
$$Y_S=\rho\alpha_1 v_1+\rho(\alpha_0-\alpha_1)v_0-\rho\frac{c^2\alpha_1}{r_1}\frac{d\theta_1}{dt},$$
$$X_T=-\rho\varkappa_1 v_1-\rho(\varkappa_0-\varkappa_1)v_0+\rho\frac{c^2\varkappa_1}{r_1}\frac{d\theta_1}{dt},$$
$$Y_T=\rho\varkappa_1 u_1+\rho(\varkappa_0-\varkappa_1)u_0-\rho\frac{d}{dt}\left(\frac{c^2\varkappa_1}{r_1}\right)$$

et

$$u_1 = \frac{\alpha_1}{2\pi r_1}\frac{c^2}{(r_1^2 - c^2)} + \frac{\alpha_0}{2\pi r_1} + u_0\left(1 - \frac{c^2}{r_1^2}\right),$$

$$v_1 = -\frac{\varkappa_1}{2\pi r_1}\frac{c^2}{(r_1^2 - c^2)} - \frac{\varkappa_0}{2\pi r_1} + v_0\left(1 + \frac{c^2}{r_1^2}\right);$$

u_1, v_1 sont les composantes de la vitesse de la source-tourbillon considérée comme point fluide et $\frac{dr_1}{dt}$, $r_1\frac{d\theta_1}{dt}$ les composantes de la vitesse effective de la source-tourbillon. Si la source-tourbillon est libre, on a évidemment

$$\frac{dr_1}{dt} = u_1, \qquad r_1\frac{d\theta_1}{dt} = v_1.$$

Dans les applications aux fluides réels, il peut y avoir intérêt de considérer le cas où l'intensité des tourbillons varie aussi dans le temps.

Pour passer du cylindre de révolution à un cylindre d'une autre forme, il faut avoir recours à la représentation conforme. On obtient ainsi, par exemple, dans le cas d'un plan mince de largeur $2a$, orthogonal à la vitesse u_0 du courant à l'infini, avec deux sources-tourbillons symétriques, la relation

$$w = u_0\sqrt{z^2 + a^2} + \frac{\alpha}{2\pi}\log\left[\left(\sqrt{z^2+a^2} - \sqrt{z_1^2+a^2}\right)\left(\sqrt{z^2+a^2} - \sqrt{z_2^2+a^2}\right)\right] + \frac{i\varkappa}{2\pi}\log\frac{\sqrt{z^2+a^2} - \sqrt{z_1^2+a^2}}{\sqrt{z^2+a^2} - \sqrt{z_2^2+a^2}},$$

où $z_1 = x_0 + iy_0$ et $z_2 = x_0 - iy_0$ sont les affixes des sources-tourbillons. Pour que les vitesses ne prennent pas de valeurs infinies sur les arêtes du plan mince, il faut que soit vérifiée l'équation

$$u_0 - \frac{\alpha}{2\pi}\left(\frac{1}{\sqrt{z_1^2+a^2}} + \frac{1}{\sqrt{z_2^2+a^2}}\right) - \frac{i\varkappa}{2\pi}\left(\frac{1}{\sqrt{z_1^2+a^2}} - \frac{1}{\sqrt{z_2^2+a^2}}\right) = 0.$$

Lorsqu'on met brusquement en mouvement un plan mince immergé dans un fluide réel, il se forme sur les arêtes des sources-tourbillons de grande intensité ; mais comme l'intensité des sources diminue et s'annule, en général, plus vite que celle des tourbillons, les sources-tourbillons se transforment, à une certaine distance du plan mince, en tourbillons creux de Hicks ou en tourbillons simples. Si la vitesse du plan mince devient uniforme, l'apparition des sources-tourbillons s'effectuera périodiquement, mais l'intensité de ces sources-tourbillons secondaires sera petite comparativement à celle des sources-tourbillons qui apparaissent au début du

mouvement, car la correction à apporter au mouvement du fluide, pour que les vitesses ne prennent pas de valeurs infinies sur les arêtes, sera moindre qu'au moment initial.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Détermination de la position des flèches dans une poutre fléchie*. Note de M. **Sudria**, présentée par M. G. Kœnigs.

1. Les procédés par lesquels on obtient la déformée de la fibre moyenne d'une poutre fléchie ne donnent pas un moyen simple et général pour trouver les verticales des flèches. La méthode qui paraît la plus naturelle, celle qui consiste à intégrer l'équation bien connue

$$\text{EI}\, y'' = -\text{M}(x), \tag{1}$$

donne lieu, dans le cas de n charges isolées, à la détermination de $2(n+1)$ constantes; il y a en effet autant d'arcs à équations distinctes qu'il y a d'intervalles entre les forces, réactions comprises; on ne voit pas facilement quels sont, parmi ces arcs, ceux qui admettent des tangentes horizontales.

2. D'autre part, la méthode dite des *charges fictives* demande la construction d'un funiculaire de charges continues et l'on sait que cette construction se fait approximativement en remplaçant les charges continues par des charges isolées.

3. Voici une règle d'une grande généralité :

Si l'on considère une flèche entre deux appuis, la verticale de cette flèche et celle de l'appui de gauche limitent sur le diagramme des moments fléchissants une aire égale au quotient par la portée, du moment statique du diagramme total des moments fléchissants de la travée considérée, ce moment étant pris par rapport à l'appui de droite. (On peut naturellement intervertir le rôle des appuis, mais le moment statique change alors de signe.)

En effet, l'équation (1) admet une solution

$$y = -\frac{1}{\text{EI}}\int_0^x \text{M}(u)(x-u)\,du \tag{2}$$

qui est, comme on le sait, l'ordonnée du point de la déformée, d'abscisse x, quand l'origine des coordonnées est un point à tangente horizontale.

En particulier, une flèche f située entre deux appuis A (gauche) et B

(droite) est donnée par

$$(3) \qquad -\mathrm{E.I.}f = \mathfrak{M}_{\mathrm{B}}(\mathfrak{D}_0^{\mathrm{B}}) = -\mathfrak{M}_{\mathrm{A}}(\mathfrak{D}_0^{\mathrm{A}}),$$

la notation $\mathfrak{M}_{\mathrm{P}}(\mathfrak{D}_{\mathrm{R}}^{\mathrm{S}})$ désignant le moment statique par rapport à la verticale du point P d'un diagramme $\mathfrak{D}$ borné par les verticales des points R et S. Ici le diagramme est celui des moments fléchissants.

D'autre part, un théorème de statique permet d'écrire

$$\mathfrak{M}_{\mathrm{A}}(\mathfrak{D}_0^{\mathrm{A}}) = \mathfrak{M}_{\mathrm{B}}(\mathfrak{D}_0^{\mathrm{A}}) - l\,\mathfrak{D}_0^{\mathrm{A}};$$

en portant dans l'équation (3) et en simplifiant, on trouve

$$\mathfrak{D}_0^{\mathrm{A}} = \frac{\mathfrak{M}_{\mathrm{B}}(\mathfrak{D}_{\mathrm{A}}^{\mathrm{B}})}{l} \qquad \text{C.Q.F.D.}$$

4. Le problème revient donc à tracer une verticale limitant avec une autre, sur un diagramme donné, une aire connue. Si l'exemple se prête au calcul rigoureux, il n'y aura aucune difficulté; dans le cas le plus général, on trouvera deux verticales encadrant celle que l'on cherche et l'on interpolera facilement.

L'évaluation de l'aire $\mathfrak{D}_0^{\mathrm{A}}$, puis celle de la flèche par la formule (3), peuvent se faire au moyen de l'intégrateur en usage dans les bureaux d'études.

Nous avons supposé la section constante et les appuis de niveau; les autres cas se déduisent facilement de celui-ci, en suivant une marche analogue.

PHYSIQUE. — *Sur une nouvelle équation d'état des gaz.* Note de M. A. **Leduc**, présentée par M. Daniel Berthelot.

L'équation d'état que j'ai fait connaître récemment [1] étant fondée sur mes expériences de compressibilité *entre* 1^{atm} *et* 2^{atm} *seulement*, on pourrait craindre que son emploi dût être limité à un très petit nombre d'atmosphères, afin d'éviter des erreurs graves.

Les calculs ci-après montrent qu'il n'en est rien, grâce à la précision desdites expériences.

J'emprunte au *Recueil de Constantes de la Société de Physique* (Tableau 55) quelques valeurs de PV relatives à CO^2 d'après Amagat, et j'en déduis les valeurs du volume spécifique v en admettant pour celui-ci, dans les conditions normales, $v_0 = 505^{\mathrm{cm}^3},81$, résultant de mes expériences.

---

[1] *Comptes rendus*, t. **176**, 1923, p. 830.

A titre de contrôle, je porte ce nombre dans la formule

$$(9) \qquad p = \frac{RT}{M}\left[\frac{v}{(v-a)^2} - 3{,}16\frac{a}{(v+a)^2}(4^{x}-1)\right],$$

a prenant pour CO^2 la valeur 0,3606; on trouve bien $p = 1^{atm}$ à moins de 0,0001 près.

J'ai calculé ensuite le Tableau ci-dessous, qui s'étend jusqu'à 100^{atm}, en évitant toutefois, par prudence, les pressions trop voisines de la saturation pour les températures inférieures à la température critique.

P.	t.	v.	P calc.	Écarts pour 100 absolus.	Écarts pour 100 relatifs.	Pression de saturation.
atm	°					atm
100	100	5,210	100,05	0,05	0,05	»
50	100	12,205	50,00	0,00	0,0	»
	50	9,307	50,28	0,28	0,56	»
	30	7,840	50,20	0,20	0,4	70,7
	20	6,879	50,23	0,23	0,46	56,3
40	30	10,860	40,17	0,17	0,4	70,7
	10	8,927	40,25	0,25	0,6	44,2
31	0	12,041	30,99	−0,01	−0,03	34,3

On voit que, *dans les limites de ce Tableau*, les différences entre les pressions calculées et observées restent de l'ordre des erreurs expérimentales (¹) : les différences absolues n'atteignent pas $0^{atm},3$, et l'écart relatif ne dépasse pas ± 0,6 pour 100.

Il y a plus. Sous la même pression de 50^{atm} il n'y a pas de marche systématique due à l'approche de la liquéfaction. Il est donc probable que la plus grande part des écarts est imputable aux erreurs inhérentes à ces difficiles expériences et à l'imperfection de la représentation graphique.

Quoi qu'il en soit, on voit que la formule (9) dépasse de beaucoup en précision toutes les formules connues, et qu'elle peut être employée au delà de 100^{atm}.

Je compte l'utiliser pour étendre jusqu'à 20^{atm} au moins mes calculs relatifs aux chaleurs spécifiques de la vapeur d'eau surchauffée.

Première remarque. — La formule (9) peut s'écrire, en posant $V = Mv$

(¹) Voir Amagat, *Annales de Chimie et de Physique*, 5ᵉ série, t. 22, 1881, p. 344. Les manomètres employés dans les expériences à ces pressions relativement modérées présentent entre eux des écarts atteignant $0^{atm},5$.

et $A = Ma$ (volume et covolume moléculaires)

$$(10) \qquad pV = RT\left[\frac{1}{\left(1-\frac{A}{V}\right)^2} - 3{,}160 \cdot \frac{\frac{A}{V}}{\left(1+\frac{A}{V}\right)^2}(4^x - 1)\right].$$

On constate que cette formule ne renferme que *deux constantes spécifiques*, qui sont T_c et p_c. La première entre seule dans l'expression $4^x = (4^{T_c})^{\frac{1}{T}}$; la deuxième entre avec elle dans

$$A = 0{,}0463 . R . \frac{T_c}{p_c} = 3{,}860 \frac{T_c}{p_c} \quad (^1).$$

Deuxième remarque. — Dans mes recherches sur les gaz, j'ai défini sous le nom de *Volume moléculaire relatif* la fonction $\varphi(T, p)$ devenue ensuite $\varphi(\mathfrak{T}, \mathfrak{P})$ telle que

$$Mpv = RT\varphi.$$

On trouve entre crochets dans la formule (10) une nouvelle expression de φ en fonction de T et de v, qui s'étend beaucoup plus loin que la formule empirique dont elle est issue.

MAGNÉTISME. — *Du magnétisme du nickel.*

Note de M. **Hector Pécheux**, transmise par M. André Blondel.

J'ai montré antérieurement [2] l'influence des métaux étrangers sur la thermo-électricité et la résistivité du nickel marchand.

Dans la présente Note, j'étudie les modifications apportées, dans les caractéristiques magnétiques du même métal, par les *métaux étrangers* au nickel, par la *trempe* et par le *recuit*.

Je rappelle que J.-A. Ewing a, le premier, étudié l'effet du *recuit* et de l'*étirage* au delà de la *limite d'élasticité*, sur la perméabilité d'un fil fin de nickel dont il n'a pas indiqué la composition chimique.

Mes essais ont porté sur trois barreaux cylindriques de mêmes dimensions (fournis, bruts de coulée, par Poulenc frères), et que j'ai fait rectifier au tour.

---

(1) On suppsse p_c compté en mégabaryes, et $T_0 = 273$ pour la glace fondante. Je profite de l'occasion pour signaler que ma précédente Note (p. 832) donne 0,0469 au lieu de 0,0463.

(2) *Comptes rendus*, t. 145, 1907, p. 591.

a. Mesures. — J'ai effectué les mesures de *champ magnétisant* et *d'induction* à l'aide du *perméamètre à torsion* de J. Carpentier (gradué en centaines d'unités électromagnétiques C. G. S.; on appréciait aisément 50 unités), pourvu de son *appareil de champ*, gradué en 65 divisions (une division valait 0,38 gauss; on pouvait estimer une demi-division), et d'un *rhéostat* de réglage du courant d'alimentation dans la bobine magnétisante (courant continu d'une batterie de piles Leclanché).

Les trois barreaux ont été soumis, successivement, à un cycle complet d'aimantation : 1° à l'*état vierge* (d'aimantation); 2° après *trempe;* 3° après *recuit.*

Le relevé de ces cycles et des courbes de première aimantation m'ont donné les résultats consignés au Tableau ci-après (Tableau II); l'analyse que j'ai faite, au préalable, m'a fourni la composition chimique suivante (Tableau I) :

Tableau I :

	En pour 100.		
Numéros.	Carbone et silicium.	Fer.	Impuretés totales.
1	0,53	1,43	1,96
2	0,56	1,38	1,94
3	0,57	1,68	2,25

Observations. — Ni cuivre ni cobalt (nickel de garniérite).

b. Résultats. — 1° *Barreaux vierges.* — J'ai constaté, avant l'essai, qu'il n'y avait pas de magnétisme résiduel dans les trois échantillons.

Sur le graphique des courbes de première aimantation j'ai relevé le champ magnétisant $\mathcal{H}_m$ correspondant au *maximum de perméabilité;* sur le Tableau II, j'ai désigné par $\mathcal{H}_c$ le champ coercitif; par β_r l'induction rémanente; par β_l l'induction limite (champ magnétisant limite = 24,70 gauss).

La colonne (I) du Tableau et le graphique montrent que :

Tableau II :

	(I). Barreaux vierges.			(II). Barreaux trempés.			(III). Barreaux recuits.		
Numéros...	1.	2.	3.	1.	2.	3.	1.	2.	3.
$\mathcal{H}_m$	10	9,75	10,50	"	"	"	10,50	10,50	11
$\mathcal{H}_c$	10,50	10,50	10,75	11,25	11	12,50	10,25	10,25	10
β_r	900	1200	1066	766	1066	975	1266	1325	1300
β_l	1350	1550	1450	1300	1500	1400	1875	1925	2000

α. L'allure du diagramme du nickel (3), plus riche en fer, est sensiblement différente de celle des deux autres (1 et 2).

β. Il existe un écart assez sensible entre les perméabilités de 1 et 2, à

partir de $\mathcal{H} = 12$ (le métal 1 se révèle *moins homogène* à l'examen micrographique).

γ. En admettant que l'allure des trois courbes se maintienne, pour des champs plus intenses, un calcul d'extrapolation montre que, à partir de $\mathcal{H} = 38$, la perméabilité de (3) l'emporterait sensiblement sur celles des deux autres nickels (elle leur est inférieure jusqu'à $\mathcal{H} = 18$).

2° *Barreaux trempés.* — Les barreaux ont été chauffés pendant une demi-heure à 400° (température supérieure au point critique magnétique, et repérée à l'aide d'un pyromètre de M. H. Le Chatelier, dont la soudure chaude était au contact du barreau, dans le tube de porcelaine de chauffe); puis immergés brusquement dans l'eau froide ordinaire (à 17°); les mesures effectuées sur ces barreaux ont fourni les résultats de la colonne (II) du Tableau. Les courbes d'induction obtenues sont voisines des précédentes et légèrement *au-dessous*. L'effet de trempe n'est donc *pas très sensible* sur les nickels; la comparaison des colonnes (I) et (II) établit que : *la trempe accroît légèrement le champ coercitif, en même temps qu'elle fait décroître l'induction rémanente;* l'accroissement de $\mathcal{H}_c$ est d'autant plus sensible qu'il y a plus de fer dans le nickel marchand.

(Ewing a obtenu, avec un fil *très étiré*, $\mathcal{H}_c = 18$; la structure du métal était plus profondément modifiée que par la trempe).

3° *Barreaux recuits.* — Les barreaux ont été réchauffés pendant une demi-heure à 800° (j'ai constaté, en 1907, que le métal commence à s'oxyder vers 900°); après refroidissement lent à l'air, les barreaux ont été soumis une troisième fois au champ magnétisant. La figure des courbes et la colonne (III) du Tableau II reproduisent les résultats obtenus, qui fournissent les conclusions suivantes :

α. Le *recuit améliore* sensiblement la *perméabilité* du nickel, et *d'autant plus* qu'il y a *plus de fer* dans le métal; elle *croît* dans le sens 1, 2, 3.

β. Le recuit *diminue le champ coercitif* (du métal trempé, surtout), et *fait croître l'induction rémanente.*

γ. *Le recuit améliore* les défauts d'homogénéité du métal (l'échantillon 1 se rapproche cette fois de l'échantillon 2, de composition chimique très voisine).

Remarque. — J'ai voulu, afin de juger de la dureté des trois échantillons, déterminer le chiffre Δ de Brinell (bille de 10^{mm}, pression de 3000^{kg}), et la charge p_r de rupture (en kilogrammes par millimètre carré), ceci sur les *métaux recuits.*

Les résultats (Tableau III) révèlent *la même anomalie* pour le nickel (1)

que celle que donne l'étude magnétique, et montre un métal à *grains moins serrés*.

TABLEAU III : Nos.	Δ.	p_r.
1	176	60
2	187	62,7
3	203	65

4° *Hystérésis.* — A l'aide des cycles complets d'aimantation (*non reproduits ici*), j'ai calculé, pour exprimer l'énergie dissipée par hystérésis, une *formule de Steinmetz :* $W_y = a\beta^x$. J'ai trouvé $x = 1,503$. Les valeurs de a (qui varient avec l'*état physique* du métal) sont les suivantes :

Nickels vierges	0,071
» trempés	0,077
» recuits	0,058

Les résultats obtenus en appliquant la formule qui précède le sont avec une approximation du même ordre de grandeur que les lectures faites aux appareils de mesure : ils sont donc acceptables.

Il est vraisemblable, comme l'ont indiqué J.-A. Ewing et G. Klaassen pour le fer, que l'exposant x prendrait des valeurs un peu plus élevées pour un champ $\mathcal{H}$ plus intense.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude cryoscopique des mélanges binaires organiques.* Note (¹) de M. **Nicolas Perrakis**, présentée par M. Haller.

L'étude thermique et cryoscopique des mélanges de benzène et d'alcool éthylique avait permis à Viala (²) de déterminer le poids moléculaire de l'alcool à l'état liquide. La même technique expérimentale nous a permis d'arriver à des conclusions tout à-fait différentes.

La théorie nous apprend que les propriétés physiques de deux corps partiellement miscibles peuvent être représentées, en fonction des concentrations, par une courbe de forme quelconque qui, dans le domaine de non-miscibilité, prend une allure rectiligne. En plus, dans le cas particulier où l'on étudie les points de cristallisation de différents mélanges de

(¹) Séance du 16 avril 1923.

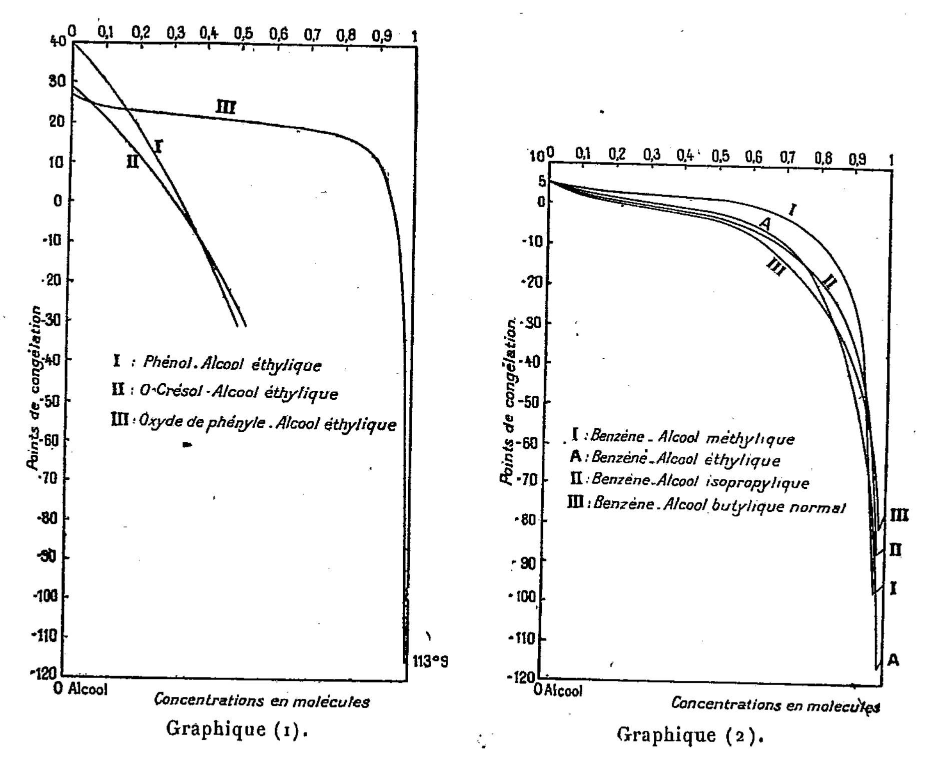
(²) F. Viala, *Bull. Soc. chim.*, t. 15, 1914, p. 5.

deux corps, la non-miscibilité est exprimée par une droite parallèle à l'axe des concentrations.

Si l'on essayait ainsi d'étudier des mélanges de corps de plus en plus miscibles, ce palier irait en diminuant de longueur pour se réduire, à la limite de non-miscibilité, à un point d'inflexion. A partir de ce point limite, les points anguleux disparaissent et nous pénétrons *progressivement* dans le domaine de la miscibilité complète.

Partant de ces considérations théoriques, *nous nous sommes proposé de montrer qu'un état proche de la non-miscibilité peut être traduit par une courbe empruntant, dans un certain intervalle, l'allure quasi rectiligne.*

Dans ce but, nous avons entrepris l'étude cryoscopique [1] des systèmes phénol-alcool éthylique, *o*-crésol-alcool éthylique, oxyde de phényle-alcool



Graphique (1). Graphique (2).

éthylique, benzène-alcool méthylique, benzène-alcool isopropylique et benzène-alcool butylique normal. Les résultats de cette étude sont pré-

(1) L'étude thermique d'un certain nombre de ces systèmes fera l'objet d'une deuxième Note.

sentés par les courbes I, II, III du graphique (1) et par les courbes I, II, III du graphique (2).

Les courbes I et II du graphique (1) sont inachevées : en effet, à partir du point d'abscisse (0,4923), les mélanges de phénol et d'alcool éthylique deviennent très visqueux, ce qui rend l'observation extrêmement difficile et toute tentative de continuation superflue. Il en est de même des mélanges d'*o*-crésol-alcool éthylique.

Il y aurait, d'après certains auteurs, formation des cristaux fluides.

Le système III (oxyde de phényle-alcool éthylique) s'est montré moins difficile à étudier, ce qui nous a permis d'achever le graphique, empruntant toutefois à Viala le point de solidification de l'alcool éthylique. Les autres systèmes figurant dans le graphique (2) n'ont présenté aucune difficulté de ce genre. On peut néanmoins remarquer que ces alcools cristallisent très mal : ils deviennent visqueux et l'observation d'une prise en masse correspond *vaguement* à un arrêt thermométrique.

Les conclusions auxquelles nous conduit cette étude sont les suivantes :

A. Les courbes du graphique (1) nous offrent deux cas de miscibilité : les courbes I (phénol-alcool éthylique) et II (*o*-crésol-alcool éthylique) représentent *un cas de bonne miscibilité*, et la courbe III (oxyde de phényle-alcool éthylique) représente *un état proche de la non-miscibilité*. D'ailleurs, pour passer de ce dernier état à celui de non-miscibilité, il suffit de faire subir au système *une perturbation de nature convenable*. Il suffit, en effet, d'ajouter quelques gouttes d'eau à un mélange d'oxyde de phényle et d'alcool éthylique de concentration convenable pour amener la séparation en deux couches de ce mélange. Dans le cas des mélanges phénol-alcool et *o*-crésol-alcool, où nous sommes loin de la non-miscibilité, la séparation ne se produit qu'avec de grandes quantités d'eau.

B. On voit, sur les courbes du graphique (2), que la partie rectiligne, *indice d'un état proche de la non-miscibilité*, est de moins en moins accentuée quand on part de l'alcool méthylique pour aller à l'alcool butylique normal. Ce fait montre que *la miscibilité du benzène augmente au fur et à mesure qu'on s'élève dans la série des alcools*. D'ailleurs la courbe A (graphique 2), traduisant l'étude cryoscopique du système benzène-alcool éthylique due à Viala [1], est venue se ranger dans l'espace compris entre la courbe du système benzène-alcool méthylique et celle du système benzène-alcool isopropylique. *C'est là une vérification de notre thèse.*

---

[1] F. Viala, *Bull. Soc. chim.*, t. 15, 1914, p. 5.

C. De tous ces corps que nous venons d'étudier, il n'y a que le crésol et le phénol qui donnent, avec l'alcool éthylique, *une bonne miscibilité;* ce sont donc de *bons dissolvants* de l'alcool ordinaire et, comme tels, ils pourraient être d'un emploi avantageux dans *la préparation du carburant national.* Il n'en est plus de même du benzène et de l'oxyde de phényle qui, eux, sont de mauvais dissolvants de l'alcool éthylique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action de l'acide molybdique sur le pouvoir rotatoire des éthers tartriques et maliques.* Note de M. E. **Darmois**, présentée par M. Haller.

J'ai expliqué récemment l'influence considérable de l'acide molybdique sur le pouvoir rotatoire de l'acide malique et isolé les composés qui se forment dans cette action (molybdomalates). Deux sortes de composés ont été obtenus; ils dérivent respectivement des deux acides $2MoO^3, C^4H^6O^5$ (corps droits) et $MoO^3, 2C^4H^6O^5$ (corps gauches). Ils s'obtiennent en mélangeant dans les proportions convenables MoO^3, $C^4H^6O^5$ et NH^3. Ce mélange peut être fait dans n'importe quel ordre et, sauf quelques exceptions sur lesquelles je pense revenir, la nouvelle rotation est établie sitôt le mélange fait. Il en est de même des mélanges de MoO^3 avec l'acide tartrique et NH^3. Je n'ai pu toutefois retirer de ces derniers des composés définis.

Il est naturel de rapprocher ces composés des émétiques, combinaisons d'oxydes acides, d'acide tartrique et de bases telles que KOH.

La constitution des émétiques est loin d'être élucidée. On a admis longtemps pour l'émétique ordinaire la formule TSbOK, tartrate double de K et SbO(TH^2 désignant l'acide tartrique). Puis, suivant Jungfleisch, on a considéré l'émétique comme un éther de l'acide SbO^2H et d'une fonction alcool de l'acide tartrique. Une conception intermédiaire a été développée par A. Conduché, en accord avec les idées de Werner (1). L'émétique serait le sel de K d'un mono acide complexe $\left(\begin{smallmatrix}T\\O\end{smallmatrix}\right)Sb - H$, T étant rattaché à Sb par deux liaisons principales, celles des CO^2H, et deux liaisons auxiliaires, celles des O alcooliques. Dans cette conception, les fonctions acides et alcools sont toutes nécessaires. Déjà précédemment Bougault avait attribué à l'acide tartroantimonique une formule mettant en jeu la fonction alcool et une fonction acide (2).

---

(1) *Bulletin de la Société scientifique et médicale de l'Ouest* (1er trimestre 1912).
(2) *Bull. Soc. chim.*, t. 35, 1906, p. 338.

Pour étudier la constitution des molybdotartrates et malates, j'ai été amené à chercher l'action de MoO^3 sur les éthers tartriques et maliques. Une solution aqueuse de MoO^3 est additionnée de l'éther, on mesure la rotation; *elle est variable avec le temps*. La variation de $[\alpha]$ dépend : 1° de l'éther; 2° de la température; 3° des proportions relatives de MoO^3 et de l'éther.

Pour des raisons de commodité, j'ai d'abord étudié les tartrates neutres de méthyle et d'éthyle. L'action est analogue sur ces deux éthers, j'indique quelques résultats relatifs à l'éther méthylique.

I. *T. ordinaire* : $\theta = 17°,5$. — *a*. $1^g,8$ MoO^3 jaune ($\frac{1}{100}$ mol.) et $0^g,89$ $T(CH^3)^2$ dans 100^{cm^3}. Rotations sous 2^{dm} pour $\lambda = 0^{\mu},546$:

T. (en h.).	0.	16.	26.	40.	52.	66.	88.	114.	166.	235.	390.
α........	+0,72	1,68	2,38	3,32	4,32	4,72	5,78	6,44	7,24	7,56	8,05

En même temps la dispersion $\frac{\alpha_{436}}{\alpha_{578}}$ varie régulièrement de 1,56 à 2,25.

b. $\frac{1}{400}$ mol. MoO^3 et $\frac{1}{200}$ mol. $T(CH^3)^2$ dans 100^{cm^3} :

Temps (en heures).....	0.	16.	26.	46.	66.	114.	166.	235.	600.
α..................	+0,64	1,59	2,30	2,41	2,47	2,69	2,85	3,20	3,20

Dispersion limite : 2,15.

II. $\theta = 51°,5$. — On opère sur le mélange *a*; il est chauffé à 51°,5; on fait tous les quarts d'heure des prises qu'on refroidit aussitôt à la température ordinaire; on mesure α :

Temps (en heures)..............	0.	1/4.	1/2.	3/4.	1.	1 1/2.	3 3/4.	4 1/4.
α..........................	0,72	1,19	1,64	2,20	2,66	3,92	7,42	7,87

On voit que l'augmentation de température accélère nettement la réaction. Pour obtenir la rotation de 2,66, il faut 30 heures à 17°,5 et 1 heure à 51°,5.

Si l'on mélange MoO^3 et l'acide tartrique dans les proportions moléculaires (*a*), la rotation est 8°,15 et la dispersion 2,26, c'est-à-dire les valeurs finales de l'essai (1).

J'ai songé alors à expliquer la mutarotation par une saponification de l'éther par MoO^3, suivie d'une combinaison des deux acides, et j'ai étudié l'influence de l'addition préalable de quantités croissantes de KOH à MoO^3. Le résultat obtenu est curieux. Tant que la quantité de KOH est inférieure au $\frac{1}{4}$ de la quantité nécessaire pour former MoO^4K^2, la variation de α reste la même; au-dessus, la variation est beaucoup plus rapide.

Exemple : On ajoute $\frac{1}{100}$ mol. KOH à $\frac{1}{100}$ MoO^3, puis $\frac{1}{200}$ $T(C^2H^5)^2$, on complète à 100 et l'on polarise. Les temps sont exprimés en *minutes* (zéro arbitraire).

T (min.):	0.	2.	4.	6.	9.	11.	19.	30.	62.
α.......	1,27	1,61	1,81	2,01	2,21	2,31	2,73	3,13	3,77

Résultats du même ordre pour NH^3 et $T(CH^3)^2$.

Le molybdate ordinaire de Am, dont la composition est précisément voisine de MoO^4HAm, donne une mutarotation analogue et rapide avec le tartrate de méthyle. L'allure singulière du composé $(MoO^4)^2H^3K$ est à rapprocher des résultats que j'ai déjà signalés ([1]).

J'ai enfin amorcé l'étude du malate d'éthyle dans des conditions analogues. A froid l'action de MoO^3 et des molybdates est pour ainsi dire nulle. A 66° elle est sensible. A 100° elle est très rapide. Le mélange de molybdate ordinaire ($\frac{2}{100}$ Mo) et de malate d'éthyle ($\frac{1}{100}$), traité comme plus haut (II), donne les résultats suivants :

Temps (en heures).	1/2.	1.	2.	3 1/2.	4 1/2.	6.	7 1/2.
α...........	−1,15	+1,82	6,00	8,30	11,8	15,05	16,10

Le liquide évaporé laisse déposer des cristaux très actifs. On vérifie qu'il s'agit du dimolybdomalate d'ammoniaque, c'est-à-dire du corps obtenu avec le molybdate d'ammoniaque et l'acide malique. L'action du molybdate d'ammoniaque sur le malate d'éthyle nulle à froid, conduisant à chaud au dimolybdomalate d'ammoniaque, il faut conclure que la présence du groupe CO^2H libre (ou salifié) joue un rôle très important dans la formation du composé. Il apparaît également que la mutarotation n'est pas due à une éthérification progressive du groupe alcool, mais très probablement à la saponification progressive des groupes éthers du malate d'éthyle. Je continue l'étude de cette question.

SPECTROSCOPIE. — *Production de bandes étroites et de bandes larges dans le spectre d'absorption des corps en solution et à l'état de vapeur.* Note de M. **Victor Henri**, présentée par M. L. Maquenne.

Le spectre d'absorption d'un corps en solution se compose soit de plusieurs bandes *étroites* (de 10 à 30 Å) disposées en séries régulières, soit de bandes

([1]) *Journ. de Phys.*, février 1923.

larges (de 200 à 500 Å). Certains corps possèdent les deux types de bandes et dans ces cas les bandes étroites se trouvent toujours dans les régions les moins réfrangibles. Ce résultat est analogue à celui de l'émission du spectre continu par des vapeurs métalliques : ce spectre continu apparaît pour des fréquences supérieures à celle du terme ultime des séries spectrales.

Lorsqu'on compare le spectre d'absorption de la vapeur à celui de la solution d'un corps, on trouve qu'aux bandes étroites de la solution correspond un spectre de bandes fines, tandis qu'aux bandes larges correspondent dans la vapeur aussi des bandes larges qui ne se résolvent pas en bandes fines, quelle que soit la dispersion employée; ce dernier résultat a été démontré par M. G. Ribaud dans ses importantes recherches sur l'absorption par les gaz.

La production des bandes étroites peut être expliquée d'une façon satisfaisante par la théorie des quanta : on admet que la molécule possède une série d'états stationnaires dont l'énergie est déterminée par les mouvements quantifiés des électrons, des atomes, et de la molécule.

On ne sait encore rien relativement aux conditions que doit remplir une molécule pour présenter une série discontinue d'états stationnaires. C'est ce problème que nous allons examiner.

La production des bandes larges n'est pas encore élucidée. Au point de vue expérimental nous avons réussi à préciser une série de conditions dans lesquelles on obtient une transition continue entre un ensemble de bandes étroites et une seule bande large.

L'étude comparative d'un très grand nombre de composés différents nous permet de formuler les règles générales suivantes :

1° Les corps dont la molécule contient une seule liaison double $C = C$, $C = O$, $C = N$, $N = O$, les autres groupes atomiques se trouvant dans la molécule étant tous saturés, possèdent seulement des bandes larges aussi bien en solution qu'à l'état de vapeur.

2° Les corps dont la molécule est aussi simple que possible et qui contient deux ou plusieurs groupes à liaison double situés soit en position cumulée, comme par exemple, le cétène $H^2C = C = O$, les isocyanates $R^2.C = C = NH$, etc., soit en position conjuguée, tels que le glyoxal, le diacétyle, l'acroléine, le furane, le pyrrol, le thiophène, le benzène, la pyridine, etc., présentent en solution des bandes étroites et à l'état de vapeur un spectre de bandes fines, distribuées en séries conformément à la théorie des quanta.

3° Lorsque dans une molécule du type précédent on éloigne les deux liaisons doubles par l'introduction de groupes CH^2, les bandes étroites se fusionnent et l'on observe seulement des bandes larges aussi bien en solution qu'à l'état de vapeur.

4° Si on alourdit la molécule par la substitution de groupes atomiques de plus en plus compliqués, on observe d'abord un élargissement des bandes étroites en solution et à l'état de vapeur une fusion des bandes fines; puis quand la molécule se complique on n'obtient plus que des bandes larges et continues. Ainsi, par exemple, l'acroléine

$$CH^2 = CH - \underset{\underset{O}{\|}}{CH}$$

possède de nombreuses bandes étroites et la vapeur présente un très beau spectre de bandes fines; l'aldéhyde crotonique

$$CH^3CH = CH - \underset{\underset{O}{\|}}{CH}$$

possède en solution une bande ayant un large plateau avec de légères ondulations; à l'état de vapeur, on trouve des séries de bandes régulières, mais elles ne présentent aucune structure fine; enfin l'oxyde de mésityle

$$\begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix}\!\!>C = CH - \underset{\underset{O}{\|}}{C}CH^3$$

possède en solution et à l'état de vapeur deux bandes larges sans aucune structure fine.

Ces passages entre les bandes étroites et les bandes larges s'observent surtout très bien pour les dérivés du benzène. Ainsi, les monodérivés contenant

F, Cl, Br, CH^3, C^2H^5, OH, OCH^3, NH^2, CH^2Cl, $CHCl^2$, CCl^3, CH^2OH, CN, COOH

ont des bandes étroites en solution et un spectre de bandes fines à l'état de vapeur. Les monodérivés contenant les groupes

$N(CH^3)^2$, COH, $COCH^3$, $CH = CHCOOH$, etc.

ne possèdent en solution que des bandes larges et à l'état de vapeur seulement des groupes de bandes floues sans structure fine. Pour les didérivés,

Klingstedt a montré que les dérivés *para* contenant les groupes

CH^3, OH, NH^2, CN, COOH

possèdent de nombreuses bandes étroites en solution et des bandes très fines à l'état de vapeur; par contre, les mêmes didérivés *ortho* et *méta* possèdent en solution des bandes plus larges et à l'état de vapeur des bandes floues sans structure fine.

Ces résultats conduisent à des représentations relatives au mécanisme de production des bandes étroites et larges.

Dans le cas d'un seul groupe à liaison double la molécule présente une suite *continue* d'états différents, ces états étant distribués d'après la loi de Maxwell-Boltzmann $n = a.e^{-\frac{E}{K.T}}$; au passage d'un état I à l'état II correspond une absorption $\nu = \frac{E_{II} - E_I}{h}$; il en résulte que la bande d'absorption sera continue et que sa forme sera représentée par une formule exponentielle; ceci est conforme au résultat que nous avons publié déjà en 1913 pour l'acétone, l'aldéhyde acétique, les acides, etc.

Pour obtenir une suite *discontinue* d'états stationnaires il faut que la molécule contienne ou moins deux groupes à liaison double. Beaucoup de faits démontrent l'existence d'une polarité des molécules. On peut donc admettre que les deux groupes ont des charges électriques opposées. De même que dans les atomes le mouvement des charges négatives autour du noyau positif sont quantifiés, de même également les vibrations réciproques des groupes de polarité opposée présenteront une série d'états stationnaires; c'est là une généralisation de la théorie de Bohr.

On conçoit ainsi que toute cause qui éloigne les charges les unes des autres ou qui neutralise ces charges supprimera la condition principale de quantification des mouvements et l'on obtiendra une bande continue au lieu d'une série de bandes étroites.

En résumé, d'après la théorie que nous présentons : *pour les molécules ne contenant qu'une seule liaison double, le premier postulat de Bohr ne s'applique pas, seul le second postulat est valable; pour les molécules à deux liaisons doubles voisines, les deux postulats s'appliquent, le premier étant déterminé par l'existence d'une polarité électrique dans la molécule.*

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la faculté de trempe de l'acier extra-doux à très haute température.* Note (¹) de MM. **M. Sauvageot** et **H. Delmas**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Les aciers extra-doux renfermant au maximum 0,1 pour 100 de carbone n'ont, dans les conditions habituelles de traitement, qu'une faculté de trempe très faible : un acier possédant à l'état recuit une résistance à la traction de 35^{kg} à 40^{kg}, acquiert une résistance qui ne dépasse généralement pas 50^{kg} à 55^{kg} par trempe à 950° dans l'eau froide, en petite masse.

Nous avons cherché s'il n'était pas possible d'accroître cette faculté de trempe en augmentant la température de trempe jusqu'au voisinage du point de fusion.

A cet effet, de petites éprouvettes de traction tournées à $8^{mm},9$ de diamètre et des barreaux carrés de 12^{mm} de côté ont été chauffés à températures croissantes dans un four électrique à résistance constituée par un empilage de rondelles de graphite. La température de chauffage était contrôlée simultanément an moyen d'un couple platine platine-rhodié et d'un pyromètre optique, Leeds and Northrupt; de plus, chaque fois que l'on a eu à réaliser un chauffage au delà de 1450°, on a vérifié que la fusion d'un échantillon de nickel pur placé dans le four était obtenue,

Une fois la température atteinte, l'éprouvette chauffée était sortie rapidement du four et trempée dans de l'eau à 15° en agitant.

Les barrettes de traction étaient ensuite tournées à $6^{mm},9$ de diamètre, de manière à faire disparaître la couche superficielle plus ou moins oxydée et les barreaux de 12^2 fournissaient par usinage des éprouvettes de fragilité du type Mesnager.

Les essais ont porté sur un acier extra-doux Martin ayant la composition suivante :

$$C\,(\text{Eggertz}) = 0{,}09; \quad Si = 0{,}033; \quad S = 0{,}022; \quad P = 0{,}008;$$
$$Mn = 0{,}33; \quad Cu = 0{,}11$$

et donnant, après recuit à 950° et refroidissement à l'air,

$$E = 28^{kg},5; \quad R = 37^{kg},5; \quad A \text{ pour } 100 = 36{,}5; \quad \Sigma = 75{,}6; \quad \Delta = 114.$$

Les résultats obtenus sont donnés par le Tableau suivant :

(¹) Séance du 19 mars 1923.

Température de trempe à l'eau (eau à 15°).	Essais de traction (barreaux de D = 6,9; L = 50).					Essais de fragilité (barreaux Mesnager).		Essais de dureté[1].
	E.	R.	A pour 100.	Σ.	Cassure.	ρ.	Cassure.	Δ.
	kg	kg				kgm		
950°	37,7	52,5	16 cassé près repère	78,4	B	25,0	nerf	170
1200°	37,0	49,9	17	76,7	B	»	»	160
1350°	41,8	55,0	10 près repère	74,0	B	»	»	192
1400°	51,0	58,0	8,1 cassé hors repère	72,7	B	19,5	grain fin entouré de nerf	203
1450°	67,4	76,0	7,7 hors repère	58,0	B. F. légère peau de crapaud	4,1	gros grains brill. sur fond terne	250
Fusion commençante (T = 1465°)	73,5	86,5	très faible	très faible	K.F. grains brill. sur fond terne	1,8	gros grains brill. sur fond terne	286
Fusion très amorcée (le barreau a dû être tourné à D = 5mm)	80,0	89,0	très faible	très faible	K.F. grains brill. sur fond terne	1,9	gros grains brill. sur fond terne	296

On voit que la résistance reste stationnaire ou n'augmente que fort peu tant que la température de trempe ne dépasse pas 1350° ou 1400°; à cette dernière température, la striction et la résilience restent encore très satisfaisantes.

Mais, si la température de trempe atteint et dépasse 1450°, il se produit une augmentation rapide de limite élastique, résistance et dureté tandis que l'allongement, la striction et la résilience tombent au voisinage de zéro : les cassures à gros grains brillants dénotent une très forte cristallisation.

Des échantillons trempés à la fusion commençante (vers 1465°) ont été revenus à températures croissantes pendant 15 minutes.

La dureté ($\Delta = 290$ après trempe) ne diminue que faiblement jusqu'à 300° ($\Delta = 270$); il y a une chute rapide de 300° à 400° ($\Delta = 239$), puis une diminution lente jusqu'à 700° ($\Delta = 207$) et, enfin, une chute brusque lorsque l'on franchit le point critique Ac_1 ($\Delta = 159$ à 750°).

Au point de vue de la structure, les barreaux trempés à 1350° sont encore constitués de ferrite et sorbite; à 1400°, le fond semble être de la martensite grossière mêlée de troostite, la transformation paraît encore incomplète; à 1450° et au-dessus, on a de la martensite fine très nette. En même temps, à partir de 1350° environ, se développe une cristallisation en gros polyèdres, d'autant plus accentuée que la température est plus élevée : au voisinage de la fusion, certains polyèdres ont 3mm à 4mm de côté.

(1) Bille de 5mm, P. 750kg. Maintien : 15 secondes.

Au revenu, la structure reste à peu près la même jusqu'à 700°; au passage par Ac_1, il y a séparation de ferrite et sorbite en petits éléments; la grosse cristallisation, polyédrique, intacte jusque-là, devient moins nette; cette cristallisation ne disparaît complètement qu'à 900°, c'est-à-dire au-dessus de Ac_3.

L'énergie de trempe de l'acier extra-doux, en petites masses, depend donc beaucoup de la température atteinte au chauffage : si l'on se borne à franchir le point Ac_3, on n'a qu'une trempe très incomplète avec structure à ferrite et sorbite ou troostite; mais si l'on atteint et dépasse 1450°, on réalise une véritable trempe martensitique.

Après chauffage à cette très haute température, la trempe à l'huile donne déjà la structure martensitique. Nous avons obtenu dans ces conditions

$$E = 53^{kg},3, \quad R = 62^{kg},8, \quad A \text{ pour } 100 = 8,8 \text{ (cassé sur repère)},$$
$$\Sigma = 40, \quad \rho = 5,10, \quad \Delta = 207.$$

Enfin, nous avons vérifié qu'en accroissant la vitesse de refroidissement, ce que nous avons réalisé en employant comme bain de trempe un mélange réfrigérant à — 15° au lieu de l'eau à 15°, on n'augmente pas la faculté de durcissement de l'acier extra-doux à très haute température. La résistance de 85^{kg} à 90^{kg} et la dureté Δ d'environ 300 obtenus par trempe au-dessus de 1450° paraissent être des maxima pour l'acier étudié.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèses au moyen de dérivés organozinciques mixtes α-dicétones*. Note de M. **E.-E. Blaise**, présentée par M. Haller.

J'ai montré, dans une Note antérieure, que le dichlorure oxalbisoxyisobutyrique réagit sur l'iodure de zinc propyle pour donner un mélange de biscycloacétals oxyisobutyriques du propylglyoxal et du dibutyryle. L'acide oxalbisoxyisobutyrique, premier terme de ces transformations,

$$CO^2H - C(CH^3)^2 - O - CO - CO - O - C(CH^3)^2 - CO^2H$$

résulte de l'action du chlorure d'oxalyle sur l'acide-alcool, il cristallise en paillettes blanches, fondant avec décomposition à 217°-218° (fus. instantanée).

Traité par le chlorure de thionyle, il fournit le dichlorure correspondant, qui bout à 160° sous 14^{mm} et se prend en une masse de gros cristaux qui fondent à 76°-77°. La condensation du dichlorure avec l'iodure de zinc-

propyle conduit à un produit bouillant entre 165° et 180°, sous 16^{mm}, mélange des deux cycloacétals précités. Après alcoolyse du produit brut, il ne reste plus que le cycloacétal correspondant au dibutyryle, et celui-ci se prend en une masse solide très bien cristallisée. Toutefois, le point de fusion, même après cristallisation dans l'alcool méthylique, ne présente aucune netteté. La fusion commence vers 55° et n'est guère terminée que vers 80°.

On a affaire, en effet, à un mélange de deux corps dont la séparation par cristallisation dans les solvants saturés à chaud parait impossible à réaliser, les solubilités étant très voisines. Je n'ai pu obtenir de résultat qu'en faisant cristalliser le mélange par évaporation très lente de la solution dans l'alcool méthylique. Il se dépose alors deux sortes de cristaux, d'apparence analogue, clinorhombiques, mais dont les uns forment des lames relativement minces, tandis que les autres sont plus épais et plus gros.

On peut séparer ces cristaux à la pince et les soumettre à de nouvelles cristallisations dans les mêmes conditions. Finalement, on obtient deux corps, formant de très beaux cristaux, et à point de fusion parfaitement net; l'un fond à 72° et l'autre à 82°, tandis que leur mélange commence à fondre dès 55°. Ces deux corps sont insolubles dans l'eau, mais très solubles dans les solvants organiques, y compris l'éther de pétrole; ils bouillent à 168° sous 13^{mm} et possèdent exactement la même composition centésimale : celle du biscycloacétal oxyisobutyrique du dibutyryle. Il est improbable, d'ailleurs, qu'il s'agisse de deux formes cristallines d'un même corps, car je n'ai pu réussir à transformer les cristaux les uns dans les autres; la différence est donc d'ordre stéréochimique. Il est aisé de voir, en effet, que la molécule renferme 2 atomes de carbone asymétriques.

(I): C^3H^7-C (O—$C(CH^3)^2$, O—CO) | C^3H^7-C (O—$C(CH^3)^2$, O—CO)
(I).

(II): C^3H^7-C (O—$C(CH^3)^2$, O—CO) | C^3H^7-C (O—CO, O—$C(CH^3)^2$)
(II).

Elle peut exister sous une forme cis (I), possédant un plan de symétrie et, par conséquent, inactive par nature, et sous une forme trans (II), à

laquelle correspondent deux inverses optiques. Les deux corps obtenus sont donc : l'un, l'inactif par nature et l'autre, le racémique.

Ces deux corps ont mêmes propriétés chimiques et, pour isoler le dibutyryle, il suffit d'opérer sur leur mélange :

$$\begin{array}{l} (CH^3)^2C\text{—}CO \quad (CH^3)^2C\text{—}CO \\ \quad O \quad\;\; O \qquad\quad O \quad\;\; O \qquad + 2H^2O \\ C^3H^7-C\text{————————}C-C^3H^7 \end{array}$$

$$= 2(CH^3)^2C(OH)-CO^2H + C^3H^7-CO-CO-C^3H^7.$$

Mais, cette hydrolyse est difficile et j'ai été conduit, d'abord, à la réaliser au moyen de l'acide iodhydrique en solution aqueuse bouillant à 127°. Le dédoublement se fait bien, dans ces conditions, mais l'hydracide agit comme réducteur et l'on obtient une cétone bouillant à 163°. Celle-ci donne rapidement une semicarbazone cristallisant en aiguilles, dans l'éther de pétrole, et fondant à 96°. Cette cétone a été identifiée avec la propyl-*n*-butylcétone.

On arrive, cependant à dédoubler le cycloacétal dans de bonnes conditions en le faisant bouillir avec de l'acide acétique additionné d'acide chlorhydrique concentré. La séparation des produits formés s'obtient aisément par distillation dans le vide et élimination de l'acide acétique au moyen du carbonate de sodium. Cependant, l'hydrolyse n'est jamais complète, et le cycloacétal récupéré doit être hydrolysé à nouveau. Le rendement atteint environ 60 pour 100.

Le dibutyryle, déjà obtenu par M. Locquin [1], est un liquide jaune, bouillant très bien à 61°,5 sous 14^{mm}. Sa dioxime fond à 181°-182°. La disemicarbazone se forme très rapidement; elle est extrêmement peu soluble dans les solvants ordinaires et s'obtient en fines aiguilles blanches par dissolution dans l'acide formique cristallisable et addition d'eau. Elle fond au-dessus de 250°.

L'odeur de la dicétone est légèrement aromatique et à peine piquante.

---

(1) *Bull. Soc. ch.*, t. 31, p. 1175.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'oxydation de la diméthylcyclohexanone-1.3.4 et sur la synthèse de dicétones cyclopentaniques.* Note (¹) de M. **Marcel Godchot**, présentée par M. Haller.

En poursuivant nos recherches dans la série cyclohexanique, nous avons été amené à oxyder la diméthylcyclohexanone-1.3.4 et nous avons reconnu que cette cétone, soumise à l'action oxydante du permanganate de potassium, en solution aqueuse à 3 pour 100 et à froid fournissait, avec un rendement très satisfaisant (70 pour 100), un acide cétonique, l'acide γ-méthyl-δ-acétylvalérianique :

$$CH^3-HC\left\langle\begin{matrix}CH^2-CH-CH^3\\ CH^2-CH^2\end{matrix}\right\rangle CO + O \rightarrow CH^3-CO-CH^2-\underset{\displaystyle CH^3}{\underset{|}{CH}}-CH^2-CH^2-COOH;$$

il se forme également une petite quantité d'acide β-méthyladipique provenant d'une oxydation partielle de l'acide cétonique lui-même. Ce même acide cétonique s'obtient, du reste également, en oxydant, dans les mêmes conditions, le diméthylcyclohexanol-1.3.4, mais avec un rendement moins élevé (40 pour 100), la proportion d'acide β-méthyladipique obtenu étant plus forte.

L'acide γ-méthyl-δ-acétylvalérianique, déjà entrevu par Wallach (²), puis signalé ensuite par Rupe, Schobel et Abegg (³) parmi les produits de l'oxydation du 3-méthylmenthadiène, se présente sous la forme d'un liquide incolore, bouillant, sans décomposition à 177° sous 20^{mm} ($d_{17^\circ} = 1,078$; $n_D^{17^\circ} = 1,4599$; R.M. trouvée : 40,15; R.M. calculée pour

$$C^8H^{14}O^3 = 40,12).$$

La semicarbazone de cet acide cétonique constitue de très beaux cristaux, fusibles à 136°. Son éther éthylique est un liquide incolore, bouillant sans décomposition, à 130° sous 18^{mm} ($d_{17^\circ} = 0,9715$; $n_D^{17^\circ} = 1,4334$; R.M. trouvée : 49,70; calculée pour $C^{10}H^{18}O^3$: 49,16).

L'oxydation de plusieurs centaines de grammes de diméthylcyclohexanone-1.3.4, nous ayant fourni une quantité relativement importante

(¹) Séance du 16 avril 1923.

(²) *Annalen der Chemie*, t. 395, p. 85.

(³) *Berichte der Deutsch. Chem. Ges.*, t. 45, p. 1531.

d'acide γ-méthyl-δ-acétylvalérianique, nous avons pu dès lors avoir à notre disposition un poids respectable de son éther éthylique et il nous a paru intéressant de faire subir à ce dernier la cyclisation de façon à obtenir une α-acidylcyclopentanone-β-substituée; la cyclisation d'éthers-ε-cétoniques constitue, en effet, d'après les travaux de Bœyer et Oehler ([1]), de MM. Blaise et Kœhler ([2]), de Bauer ([3]), une méthode de préparation des α-acidylcyclopentanones.

Comme il était dès lors facile de le prévoir, sous l'influence de l'éthylate de sodium pulvérulent, obtenu selon la méthode de Vorlaender, modifiée par MM. Blaise et Kœhler ([2]), le γ-méthyl-δ-acétylvalériate d'éthyle, en solution dans l'éther absolu, se cyclise et le traitement, par l'acide sulfurique à 20 pour 100 et à 0°, du dérivé sodé de la cétone cyclisée met en liberté la cétone cherchée, qui est obtenue avec un rendement de 75 pour 100 :

$$\begin{array}{lcl} \quad\quad CO-OC^2H^5 & & \quad\quad\quad CO \\ H^2C \quad\quad H-CH-CO-CH^3 & \rightarrow & H^2C \quad\quad {}_{\alpha}CH-CO-CH^3 \\ H^2C \text{———} CH-CH^3 & & H^2C \text{———} {}^{\beta}CH-CH^3 \end{array}$$

Cette β-dicétone, homologue β-méthylée de l'α-acétylcyclopentanone décrite par MM. Blaise et Kœhler, constitue un liquide, à odeur agréable, bouillant vers 89°-90° sous 12^{mm} ($d_{16} = 1,029$; $n_D^{16} = 1,4756$; R. M. trouvée : 38,34. R. M. calculée pour la forme énolique $C^8H^{12}O^3 \models$: 37,425).

L'α-acétyl-β-méthylcyclopentanone colore le perchlorure de fer en violet intense. L'action de la semicarbazide sur cette dicétone conduit à la formation de deux corps, l'un, peu soluble dans l'alcool, fusible vers 240° en se décomposant, constitué par la disemicarbazone, $C^{10}H^{18}O^2$, N^6, l'autre, beaucoup plus soluble dans l'alcool, se présentant sous la forme de très beaux cristaux prismatiques, fusibles à 120° et constitués par le carbamylpyrazol, provenant de l'anhydrisation de la monosemicarbazone.

L'α-acétyl-β-méthylcyclopentanone étant une β-dicétone, l'hydrogène fixé sur le carbone compris entre les deux CO est acide, remplaçable par le sodium et il est par conséquent possible d'en faire le dérivé sodé qui réagira sur les iodures alcooliques pour donner des α-alcoyl-α-acétyl-β-méthyl-

([1]) *Berichte der Deutschen Chem. Ges.*, t. 29, p. 28.
([2]) *Bull. de la Soc. chim. de France*, 4e série, t. 7, 1910, p. 710.
([3]) *Thèse de la Faculté des Sciences de Paris*, 1913, p. 56.

cyclopentanones qui s'ouvrent ensuite, sous l'influence des alcalis étendus, pour donner naissance aux sels alcalins des acides γ-méthyl-ε-cétoniques-δ-alcoylés.

Ces intéressantes réactions, généralisées par MM. Blaise et Kœhler [1], m'ont permis, en suivant la technique indiquée par ces savants, d'obtenir, en partant de l'α-acétyl-β-méthylcyclopentanone sodée et de l'iodure de méthyle, l'α.β-diméthyl-α-acétylcyclopentanone,

```
      CO
CH²╱  ╲C╱CO — CH³
   |    |╲CH³         ,
CH²|____|CH — CH³
```

liquide incolore, bouillant sans décomposition vers 99°-100° sous 14^{mm} ($d_{17} = 1,020$; $n_D^{17} = 1,4585$; R. M. trouvée : 41,24; R. M. calculée pour $C^9H^{14}O^2$: 40,90), ne colorant plus le perchlorure de fer et donnant avec la semi-carbazide une monosemicarbazone, $C^{10}H^{17}O^2N^3$, fusible vers 240°, en se décomposant.

Cette dicétone, traitée par une solution aqueuse de potasse, donne naissance à l'acide γ-méthyl-δ-acétyl-*n*-caproïque,

$$CO^2H - CH^2 - CH^2 - \underset{\displaystyle CH^3}{CH} - \underset{\displaystyle CO - CH^3}{CH} - CH^3$$

liquide incolore, distillant sans décomposition à 164°, sous 10^{mm}; ($\alpha_{15} = 1,055$ $n_D^{15} = 1,4631$; R. M. trouvée : 44,97; R. M. calculée pour $C^9H^{16}O^3$: 44,64); l'éther éthylique de cet acide bout à 134°-135° sous 13^{mm} ($d_{13} = 0,9865$; $n_D^{13} = 1,4488$; R. M. trouvée : 54,36; R. M. calculée pour $C^{11}H^{20}O^3$: 54,64).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des composés organomagnésiens mixtes sur l'épibromhydrine de l'éthylglycérine.* Note de M. **Raymond Delaby**, présentée par M. A. Béhal.

Des travaux de MM. Fourneau et Tiffeneau [2] résumant et complétant ceux de Iotsitch [3] et de M. Kling [4] relatifs à l'action des organomagnésiens sur l'épichlorhydrine de la glycérine, il résulte que le groupe-

---

(1) *Bulletin de la Société chimique de France*, t. 7, 1910, p. 711.
(2) E. Fourneau et M. Tiffeneau, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 1, 1907, p. 1227.
(3) J. Iotsitch, *Journal Soc. chim. phys. russe*, t. 34, 1902, p. 96, et t. 36, 1904, p. 6.
(4) A. Kling, *Comptes rendus*, t. 137, 1903, p. 756.

ment fonctionnel oxyde d'éthylène réagit plus rapidement que l'atome de chlore de cette combinaison glycidique. En outre, les produits de la condensation diffèrent suivant que le composé organométallique mis en jeu est alcoylé ou arylé : dans le premier cas, il se fixe uniquement les éléments de l'acide bromhydrique sur l'épichlorhydrine; dans le second, cette réaction est accompagnée de l'introduction du groupement arylé dans la molécule.

Il a paru intéressant de savoir s'il en serait encore ainsi en présence d'une combinaison du même genre d'une alcoylglycérine : j'ai choisi l'épibromhydrine de l'éthylglycérine (oxy-2.3-bromo-1-pentane) et les résultats expérimentaux sont à très peu près comparables à ceux que l'on obtient avec l'épichlorhydrine de la glycérine ordinaire.

I. *Action du bromure d'éthyle-magnésium.* — Ce réactif conduit à une dibromhydrine, mais suivant l'endroit où se fait la coupure du chaînon oxydique, on peut prévoir deux isomères :

$$CH^2Br - \underset{\diagdown O \diagup}{CH - CH} - C^2H^5 \left\langle \begin{array}{ll} CH^2Br - CHBr - CHOH - C^2H^5 & (I) \\ CH^2Br - CHOH - CHBr - C^2H^5 & (II) \end{array} \right.$$

La dibromhydrine 1.2 de l'éthylglycérine (I) a déjà été obtenue ([1]) par fixation du brome sur le vinyléthylcarbinol; ce n'est pas ce composé qui prend naissance dans la condensation magnésienne, mais bien l'isomère (II), le *dibromo*-1.3-*pentanol*-2 ($Éb_{23} = 119^o$-$119^o,5$). Pour s'en rendre compte, on a fait subir, parallèlement aux deux dibromhydrines, la série des transformations suivantes :

1° L'action de la diméthylamine sur les deux dibromhydrines conduit à des *tétraméthyldiaminopentanols* bouillant sensiblement à la même température, mais dont les picrates sont fusibles à 16° d'écart.

2° La diéthylamine fournit des *tétréthyldiaminopentanols*, mais alors que la réaction est très régulière avec la dibromhydrine issue des condensations magnésiennes, il n'en va pas de même avec la dibromhydrine 1.2 : celle-ci donne un mélange inséparable par fractionnement formé en majeure partie d'un tétréthyldiaminopentanol, mais contenant, en proportions notables, un diéthylaminobromopentanol, et, sans doute, un composé non saturé résultant de la déshydratation des deux composés précités.

3° Les deux dibromhydrines, soumises à l'oxydation chromique, donnent

([1]) R. Delaby, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 589.

d'abord les cétones correspondantes : la dibromhydrine 1.2 est transformée en dibromo-1.2-pentanone-3 que M. Maire [1] a obtenue par une autre voie; l'action oxydante prolongée permet d'isoler, parmi les acides volatils, les acides acétique et propionique, ce qui est conforme aux règles établies :

$$CH^2Br—CHBr—CHOH—C^2H^5 \rightarrow CH^2Br—CHBr—CO—C^2H^5 \begin{cases} C^2H^5—CO^2H \\ CH^3—CO^2H \end{cases}$$

L'oxydation parallèle de la dibromhydrine à identifier donne successivement la *dibromo*-1.3-*pentanone*-2 ($Éb_{19} = 85°$-$100°$), puis, à côté d'acides bromés que l'on n'a pas cherché à isoler, exclusivement de l'acide acétique :

$$CH^2Br—CHOH—CHBr—C^2H^5 \rightarrow CH^2Br—CO—CHBr—C^2H^5 \rightarrow CH^3—CO^2H.$$

4° L'action de la semicarbazide sur les cétones bromées, dont il vient d'être question, est tout aussi démonstrative : elle réagit, molécule à molécule, sur la dibromo-1.3-pentanone-2, mais avec élimination de BrH aux dépens d'un des deux halogènes de la chaîne carbonée. La *cétotriazine bromée* ainsi formée (F. 115°-117° déc.) répond à l'une des deux constitutions suivantes :

```
CH² — C — CHBr — C²H⁵          CH²Br — C —— CH — C²H⁵
 |     ||                              ||     |
NH     N                               N     NH
 |     |                               |      |
CO — NH                               NH  —  CO
```

Deux molécules de semicarbazide interviennent lorsqu'on met en œuvre la dibromo-1.2-pentanone-3 : l'une d'elles réagit normalement, l'autre enlève les deux atomes de brome, de sorte qu'on obtient une *semicarbazone-cétotriazine* (F. 229°-230° déc.) possédant l'une des structures ci-dessous :

```
CH² — CH — C — C²H⁵                    CH² — CH — C — C²H⁵
 |     |    ||                          |     |    ||
NH    NH    N — NH — CO — NH²          NH    NH    N — NH — CO — NH²
 |     |                                |     |
CO —— NH                               NH  — CO
```

II. *Action du bromure de phényle-magnésium.* — La condensation conduit principalement, comme dans le cas d'un magnésien alcoylé, au dibromo-1.3-pentanol-2, mais souillé de traces d'un composé non saturé non isolé,

---

[1] M. MAIRE, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 3, 1908, p. 281.

et à la monobromhydrine attendue qui peut répondre à l'un des deux schémas

$$CH^2Br - CHOH - \underset{\displaystyle C^6H^5}{\underset{|}{CH}} - C^2H^5 \qquad CH^2Br - \underset{\displaystyle C^6H^5}{\underset{|}{CH}} - CHOH - C^2H^5$$

(plus probablement le premier par analogie avec ce qui se passe pour l'épichlorhydrine de la glycérine ordinaire). Ce dérivé est souillé d'une telle quantité de diphényle qu'il est impossible de l'en séparer par distillation : on le caractérise par transformation en amino-alcool par action ultérieure de la diéthylamine sur le mélange de carbure et de bromhydrine. Le *diéthylaminophénylpentanol* isolé distille entre 150° et 155° sous 19^{mm}.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un nouveau réactif des alcaloïdes et la préparation des iodostibinates de ces corps à l'état cristallisé.* Note [1] de MM. **Caille** et **E. Viel**, transmise par M. A. Béhal.

Au cours de recherches que nous poursuivons, nous avons observé un phénomène qui, à notre connaissance, n'a pas encore été signalé : les sels d'antimoine en solution légèrement chlorhydrique donnent, au contact d'une dissolution d'iodure de potassium et d'un sel de quinine, un précipité jaune d'or amorphe. Cette réaction est très sensible, elle nous a permis de retrouver dans un liquide $\frac{1}{20\,000}$ d'antimoine.

Le phénomène reste le même si, à la quinine, on substitue d'autres alcaloïdes; nous l'avons reproduit avec l'hordénine, la cinchonine, la strychnine, l'émétine, la spartéine, la pilocarpine, la morphine, la vératrine, l'atropine, la cocaïne, la caféine, la théobromine, la pyridine et la quinoléine.

Nous avons pensé que cette réaction pouvait être utilisée pour rechercher les alcaloïdes. A cet effet, nous avons préparé un réactif iodo-antimonique répondant à la formule suivante :

Sb^2O^3 ou $SbCl^3$	5^g
HCl ($d = 1{,}123$)	20^{cm^3}
KI	40^g
Eau distillée (q. s.)	100^{cm^3}

(1) Séance du 16 avril 1923.

Ce réactif se présente sous la forme d'un liquide orangé; nous l'utilisons comme suit : A 4^{cm^3} de réactif on ajoute environ 1^{cm^3} d'une solution d'alcaloïde dans l'acide chlorhydrique au $\frac{1}{5}$, puis quelques gouttes d'une dissolution récente de sulfite neutre de soude au $\frac{1}{100}$, et à froid la présence de l'alcaloïde est accusée par la formation instantanée d'un beau précipité jaune d'or amorphe.

La sensibilité d'un tel réactif est très grande, avec la quinine elle est voisine du $\frac{1}{100000}$ et elle paraît du même ordre de grandeur pour les autres alcaloïdes ci-dessus désignés.

Notre réactif précipite encore en jaune les amines aromatiques telles que les toluidines, la diméthylaniline et même l'aniline, mais la solubilité du précipité formé croît à mesure que la molécule se simplifie, de sorte que la sensibilité de la réaction diminue considérablement; les corps aminés comme l'antipyrine, le pyramidon, l'hexaméthylététramine ne précipitent qu'en solution relativement concentrée. Cette augmentation de la solubilité des complexes aminostibiniques se poursuit chez les amines grasses qui ne fournissent de précipités qu'en solution très concentrée au moins à 50 pour 100, mais alors le précipité se forme d'emblée à l'état cristallisé, c'est ce que nous avons vérifié pour la monoéthylamine, qui donne par précipitation des cristaux bruns et pour la propylamine. Enfin les sels ammoniacaux ne précipitent pas le réactif.

Le réactif iodostibinique semble donc précipiter les corps organiques à fonction amine, mais la solubilité des complexes formés croît à mesure que la molécule devient plus simple et, dans les mêmes conditions, la tendance des précipités à cristalliser augmente.

Pratiquement en solution étendue à partir du $\frac{1}{500}$, par exemple, notre réactif ne précipite que les alcaloïdes.

Les précipités jaunes amorphes obtenus avec les alcaloïdes sont décomposables par un alcali, l'alcaloïde mis en liberté peut être extrait avec un solvant organique (chloroforme), son identification montre qu'il n'a pas été altéré par l'action du réactif. Ces précipités renferment encore de l'iode et de l'antimoine. Ce sont donc des iodures doubles d'antimoine et d'alcaloïde ou iodostibinates d'alcaloïdes, série de corps absolument nouvelle dont nous réalisons ainsi la préparation à l'état amorphe. Nous devons rapprocher ces iodostibinates des iodomercurates fournis par le réactif de Meyer et des iodobismuthates que donne le réactif de Draggendorf.

Nous avons pu préparer ces iodostibinates d'alcaloïdes à l'état cristallisé

en utilisant une méthode analogue à celle que François et Blanc ont appliqué aux iodomercurates (¹) et aux iodobismuthates (²).

La technique que nous suivons consiste à mélanger à la température de 95° un excès de réactif (200^{cm^3}) avec 1^l d'une solution contenant 200^{cm^3} d'acide chlorhydrique et l'alcaloïde à une concentration, cherchée auparavant, telle qu'aucun précipité n'apparaisse à cette température (3 pour 1000 avec la quinoléine, 1 pour 1000 avec la quinine, 5 pour 1000 avec la caféine, 3 pour 1000 avec la théobromine, etc.).

Le mélange des deux solutions est aussitôt additionné de 5^g de sulfite neutre de soude, puis placé dans une caisse contenant de la sciure de bois chaude et abandonné au refroidissement qui s'effectue en 24 heures, et laisse apparaître de beaux cristaux jaune d'or ou rougeâtre. Après décantation, les cristaux sont essorés sur des papiers filtre, séchés à l'air, puis abandonnés une semaine sous une cloche contenant de la soude en plaques pour enlever l'acide qui les imprègne et enfin séchés à la pression ordinaire sur de l'acide sulfurique.

Nous avons obtenu ainsi des cristaux très stables ne s'altérant pas, par chauffage de plusieurs heures à 60°, avec la pyridine, la quinoléine, la quinine, la cinchonine, l'émétine, la strychnine, la morphine, la caféine et la théobromine.

Les analyses ont été effectuées sur des prises d'essai de 1^g qui furent décomposées par ébullition avec 2^g de sulfure de sodium dissous dans 200^{cm^3} d'eau. L'antimoine a été dosé à l'état de Sb^2S^3. L'iode à l'état d'iodure d'argent et l'alcaloïde a été extrait par le chloroforme après mise en liberté au moyen d'un alcali, pesé en nature et identifié.

Quinoléine : $SbI^3C^9H^7N.HI$ (cristaux aciculaires : p. f. 244°-246°).

	Trouvé pour 100.	Calculé pour 100.
I	66,32	67,01
Sb	15,78	15,83
Quinoléine	16,68	17,01

(¹) François et Blanc, *Bull. Soc. chim.*, t. 32, n° 11, 1922, p. 1208.
(²) François et Blanc, *Bull. Soc. chim.*, t. 33, n° 3, mars 1923, p. 333.

Quinine : $SbI^3C^{20}H^{24}N.2HI$ (cristaux rouge brique : p. f. 152°-153°).

	Trouvé pour 100.	Calculé pour 100.
I	58,56	58,74
Sb	10,87	11,09
Quinine	29,34	29,97

En résumé : Nous avons pu constituer un réactif iodostibinique précipitant les alcaloïdes avec une grande sensibilité à l'état d'iodures doubles d'antimoine et d'alcaloïdes ou iodostibinates, corps nouveaux dont nous réalisons ainsi la préparation. Nous avons pu enfin obtenir des iodostibinates d'alcaloïdes à l'état cristallisé.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Décomposition des formamides des amines aliphatiques.* Note (¹) de M. A. **Mailhe**, transmise par M. Paul Sabatier.

J'ai montré, dans un travail antérieur (²), que les formamides des amines phénoliques se décomposent au contact de catalyseurs déshydratants (*alumine*), en régénérant l'amine, avec départ d'oxyde de carbone :

(1) $$RNHCOH = CO + RNH^2.$$

En même temps, il se forme un peu de nitrile dû à la déshydratation de l'amide. Au contact du *nickel*, ces formamides donnent également la réaction (1); mais elle est accompagnée d'une seconde qui conduit à une urée bisubstituée symétrique :

(2) $$RNHCOH + RNH^2 = H^2 + CO(NHR)^2.$$

On pouvait penser que les formamides des amines aliphatiques se comporteraient en tous points comme les précédentes au contact des catalyseurs déshydratants. Mais, en présence du nickel, l'action devait être différente en raison de l'action déshydrogénante qu'il exerce sur les amines primaires. Ces vues ont été confirmées par l'expérience.

La formamide de l'isoamylamine a été préparée en faisant bouillir pendant une heure, au réfrigérant ascendant, 80ᵍ de formiate d'isobutyle et 70ᵍ d'isoamylamine. C'est un liquide visqueux bouillant à 237°.

(¹) Séance du 16 avril 1923.

(²) Cf. *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 35.

Ses vapeurs dirigées sur de l'*alumine*, chauffée à 400°-410°, ont subi une décomposition complète avec dégagement d'oxyde de carbone. Le liquide condensé bout entre 95° et 165°. Par rectification, on isole une portion distillant de 95° à 110°, qui se carbonate à l'air et donne la réaction de la carbylamine. Il renferme de l'*isoamylamine*. La portion distillant au-dessus de 110° est neutralisée par l'acide chlorhydrique. Le liquide insoluble, décanté, lavé à l'eau, bout à 150°-156°. En le faisant bouillir avec de la potasse alcoolique, il dégage du gaz ammoniac. Ces caractères indiquent la présence du *cyanure d'isoamyle*, $C^5H^{11}CN$.

L'isoamylformamide, $C^5H^{11}NHCOH$, a subi au contact d'alumine deux décompositions simultanées : l'une constituée par un dédoublement en oxyde de carbone et isoamylamine

$$C^5H^{11}NHCOH = CO + C^5H^{11}NH^2,$$

l'autre, résultant d'une déshydratation en carbylamine, isomérisée immédiatement en nitrile

$$C^5H^{11}NHCOH = H^2O + C^5H^{11}NC \rightarrow C^5H^{11}CN.$$

Mais, l'on constate en même temps que l'eau a disparu. Elle a réagi sans nul doute sur une partie de la carbylamine, au fur et à mesure de sa formation, pour donner de l'isoamylamine

$$C^5H^{11}NC + 2H^2O = C^5H^{11}NH^2 + HCO^2H,$$

et l'acide formique s'est dédoublé en hydrogène et anhydride carbonique, qui a fourni des cristaux de carbonate d'isoamylamine.

La décomposition de l'isoamylformamide, au contact du nickel à 360°, fournit un abondant dégagement de gaz et un liquide facilement condensable. Les gaz sont formés de : CO^2, 12 pour 100; CO, 18 pour 100; H^2, 18 pour 100; CH^4, 47 pour 100; C^nH^{2n}, 5 pour 100. Le liquide alcalin bout à 120°-130°. Les premières portions du distillat donnent la réaction de la carbylamine. Le reste du liquide, saturé par de l'acide chlorhydrique, donne les réactions de l'*isoamylnitrile*.

Il s'est produit ici, au contact du nickel, deux réactions consécutives : l'une, résultant du dédoublement de l'isoamylformamide en isoamylamine et oxyde de carbone, l'autre produisant une déshydrogénation de l'isoamylamine, ce qui conduit au nitrile isoamylique

$$(1) \qquad C^5H^{11}NHCOH = CO + C^5H^{11}NH^2,$$

$$(2) \qquad C^5H^{11}NH^2 = 2H^2 + C^5H^5N.$$

Une certaine dose d'isoamylamine se détruit en ammoniac et isoamylène qui subit un égrènement assez profond conduisant au méthane.

Si au lieu d'effectuer la décomposition de l'isoamylformamide, on essaie de réaliser son hydrogénation sur nickel à 200°-210°, on obtient bien une certaine quantité d'amine secondaire, la *méthylisoamylamine*,

$$C^5H^{11}NHCH^3,$$

bouillant à 108° :

$$C^5H^{11}NHCOH + 2H^2 = C^5H^{11}NHCH^3 + H^2O.$$

Mais l'eau formée réagit sur une partie de la formamide pour l'hydrater

$$C^5H^{11}NHCOH + H^2O = C^5H^{11}NH^2 + CO^2 + H^2,$$

de telle sorte que les produits de l'hydrogénation renferment un mélange d'*isoamylamine* et d'*amine secondaire*.

LITHOLOGIE. — *Les rochers de l'Adrar des Iforass et de l'Ahaggar.* Note (1) de M. **M.-E. Denaeyer.**

Dans une Note précédente (2), j'ai donné les conclusions que m'avait suggérées l'étude de trois régions sahariennes : l'*Ahnet*, le volcan d'*In Zize* et les *Tassili du Sud*. Depuis, j'ai eu l'occasion d'examiner des roches de l'Adrar des Iforas et de l'Ahaggar, également recueillies par MM. Chudeau et Villatte.

Massif éruptif à relief récemment rajeuni, l'Adrar des Iforass est un plateau qui s'étend en direction sensiblement N-S d'*In Ouzel* à la *vallée du Tilemsi*. Favorisée de pluies régulières, pourvue de pâturages permanents, grand'route des caravanes, cette région est une des mieux connues du Sahara central. Mais au point de vue lithologique, il n'existe guère que le travail de A. de Romeu (3) qui a étudié les roches récoltées par le capitaine Théveniaux dans les murs en pierres sèches d'*Es-Souk* et de *Telaya*.

Les nombreuses roches que j'ai examinées forment une série continue qui s'étend des granites alcalins à amphiboles sodiques jusqu'à des types mélanocrates comme les orthoamphibolites et les ariégites en passant par

(1) Séance du 9 avril 1923.
(2) Cf. *Comptes rendus*. t. 176, 1923, p. 1073 à 1075 et note infrapaginale, p. 1073.
(3) *Bull. Mus. Hist. nat.*, n° 2, 1907, p. 179 à 182.

des granites alcalins à la limite des granites calcosodiques, des granites normaux, des granodiorites, des diorites, des gabbros et des gabbros à faciès lamprophyrique.

Ces formes grenues sont accompagnées de leurs équivalents filoniens ou d'épanchement : microgranites et microgabbros, rhyolites et labradorites.

Les schistes métamorphiques sont des gneiss, des micaschistes et des amphibolites feldspathiques.

Nombre de ces roches ignées présentent des états d'écrasement très divers — bien en rapport avec la tectonique de la région — allant des types à quartz froissé et à feldspaths fissurés jusqu'à des structures en mortier avec ou sans fragments de roche intacte formant noyaux de résistance. Toutes sont plus ou moins épidotisées et, dans certains cas, la recristallisation leur donne un aspect gneissique.

Les granites du puits de *Bou Ghessa* et de *Tin Laoua* contiennent une amphibole bleuâtre dont je n'ai pas pu trouver de section à grand angle d'extinction. Ceci m'engage à la considérer comme voisine de la hudsonite. Le feldspath de ces granites est une microperthite de microcline et d'albite formant avec le quartz de belles associations de pegmatite graphique.

Quelques granites et microgranites renferment des enclaves homœogènes à caractère basique.

Les feldspaths alcalins des granites monzonitiques et des granodiorites (qui peuvent être porphyroïdes) sont l'orthose et surtout une microperthite d'orthose et d'albite où les plagioclases poussent de gros bourgeons de myrmékite. La microperthite est fusiforme dans les granodiorites de *Timiaouin*. Ces dernières peuvent passer à des diorites micacées avec de rares mais volumineux cristaux d'allanite.

Une diorite d'*In Ouzel* contient une amphibole fibreuse très pâle, faiblement polychroïque, à petit angle d'extinction. Elle ouralitise du pyroxène. Au contact de cette amphibole et de la hornblende verte primaire qui entre dans la composition de cette roche, s'est développée une étroite zone schillerisée, tandis qu'au contact du plagioclase, les fibres presque incolores prennent une teinte bleu clair qui forme un liséré continu.

Une ariégite, qui provient également d'*In Ouzel*, renferme de beaux cristaux de spinelle vert (pléonaste).

M. E.-F. Gautier [1], qui a traversé complètement l'Adrar pour rejoindre

---

[1] *La Géogr.*, t. 15, 1907, p. 1 à 28, pl. I.

le Niger à Gao, avait communiqué à R. Chudeau une rhyolite de *Kidal*. Cette rhyolite montre des cassures perlitiques et la pâte dévitrifiée est transformée en une très fine micropegmatite offrant une disposition peut-être analogue à celle que A. de Romeu [1] a désignée sous le nom de *dendrites*. Mais ici, ces dendrites sont disposées en couronnes plus ou moins régulières à l'intérieur des cassures perlitiques et de telle sorte que leurs ramifications internes prennent un faux aspect de sphérolite.

L'Ahaggar est un plateau de nature éruptive dominé par quelques aiguilles volcaniques. De nombreux oueds à caractère torrentiel en dévalent.

Les échantillons proviennent des abords immédiats de ce plateau.

Les types grenus ne diffèrent pas de ceux que j'ai signalés dans les régions précédentes : granites, diorites, gabbros, kersantites, ortho-amphibolites. Les granites sont fréquemment écrasés et quelques-uns offrent des structures typiques. Celui de *Tit*, notamment, montre des noyaux de résistance formés par les feldspaths autour desquels le quartz, absolument porphyrisé, est disposé en coulées qui épousent leurs contours comme une eau courante. A *Tamanrasset*, au pied du plateau de *Tidesi*, le quartz a recristallisé en prenant une structure granoblastique. C'est un passage au gneiss.

Plus au Sud, une diorite quartzique est l'exemple d'un stade d'écrasement moins avancé avec quartz froissé qui, aux nicols croisés, donne l'impression d'un ciel d'orage.

Une wehrlite de teinte verte, récoltée dans l'*oued Tamanrasset*, se montre formée de minéraux incolores en plaque mince : olivine, diopside et trémolite.

L'oued Outoul a fourni un microgranite calco-alcalin à pâte microgrenue avec tous les termes de passage à une pâte cryptocristalline à quartz globulaire.

Les roches d'épanchement sont généralement des rhyolites, des trachytes et des basaltes.

Les premières sont rares dans la collection.

Parmi les trachytes, quelques-uns, provenant des coulées de l'*Hadrian* et de l'*Adjellella* sont phonolitiques et contiennent de l'ægyrine et de la fayalite. Le trachyte de l'*Adjellella* est particulièrement intéressant. Il montre des vides circulaires qui ont été certainement occupés par un feldspathoïde isotrope dont il reste des fragments sur les bords de la cavité. Outre l'ægyrine qui moule ophitiquement les feldspaths, il y a de l'ænig-

(1) *Loc. cit.*, p. 180.

matite en association pœcilitique avec la fayalite. Cette roche est très analogue à la sölvsbergite.

Les basaltes sont du type labradorique à phénocristaux d'olivine et d'augite (*oued Silet*, *Tit*, *Hadrian*, *oued Tamanrasset*), parfois à grandes baguettes de hornblende basaltique très schillérisée. L'un de ces basaltes réalisait la structure pilotaxique.

M. G.-B.-M. Flamand avait signalé en 1908 (1), parmi les roches rapportées par le lieutenant Voinot, une limburgite. Au volcan *Tin Hamor*, R. Chudeau a récolté une ankaratrite limburgitique forme d'épanchement de celle de Sainte-Florine (Haute-Loire), décrite en 1918 par M. A. Lacroix (2). Ici les phénocristaux de péridot sont détruits et remplacés par de la calcite et un peu de serpentine; la roche, fortement chloritisée, montre de rares cristaux de picotite entourés d'un large liséré de magnétite.

En résumé, deux faits saillants se dégagent de l'étude de ces roches : leur écrasement qui est en rapport avec l'existence des plissements sahariens, réplique méridionale du mouvement calédonien, et l'existence de granites alcalins à amphibole à In Zize et dans l'Adrar des Iforass. Ces roches marquent une nouvelle extension vers l'ouest des limites de la province pétrographique alcaline du Tchad.

GÉOLOGIE. — *Existence de sables albiens et de poudingues calcaires sur les hauts plateaux de la Côte-d'Or.* Note de MM. **E. Chaput** et **L. Perriaux.**

Les vastes carrières ouvertes dans le massif de calcaires bathoniens du Signal de Mâlain (20^{km} environ à l'ouest de Dijon) montrent, à de hautes altitudes (565^{m} à 575^{m}, soit près de 300^{m} au-dessus du fond de la vallée de l'Ouche) d'intéressants remplissages de diaclases et de failles multiples.

Abstraction faite des argiles rouges de décalcification, à débris anguleux des calcaires encaissants, on rencontre dans ces remplissages toute une série de matériaux n'existant plus actuellement, au voisinage des carrières, à une altitude égale ou supérieure à celle des affleurements des lignes de fracture. Ce sont : 1° des oolithes ferrugineuses oxfordiennes; 2° des sables à grains de quartz relativement gros (3 à 5^{mm}) et parfois à dragées ovoïdes, quartzeuses, de plusieurs centimètres de longueur, provenant de l'Albien;

(1) *Bull. Com. Afr. Fr.*, Rens. col., n° 10, octobre 1908, p. 217.

(2) *B. S. F. Min.*, t. 41, p. 62 à 65.

des esquilles siliceuses associées à ces quartz proviennent de l'altération des chailles et sans doute aussi de silex crétacés d'après l'analogie de certains fragments avec les éléments, plus volumineux et plus caractéristiques, des argiles à silex de la côte chalonnaise; 3° *des poudingues* fortement cimentés contenant, outre les quartz albiens, des cailloux calcaires volumineux (plusieurs décimètres parfois) provenant des terrains jurassiques supérieurs à l'Argovien : certains fossiles (*Cidaris florigemma* Phill.) indiquent l'existence du Rauracien, reconnaissable d'ailleurs à sa structure cristalline particulière; des calcaires lithographiques, non fossilifères, appartiennent sans doute au Kimméridgien, etc. Ces cailloux calcaires, peu altérés, sont tantôt très roulés, sphéroïdaux, tantôt impressionnés et écrasés; les poudingues sont si semblables aux conglomérats à *Helix Ramondi* de Dijon qu'ils appartiennent vraisemblablement, soit à l'Oligocène, soit à des formations plus récentes ayant emprunté leurs cailloutis à l'Oligocène.

De tels remplissages ne peuvent s'être effectués qu'à une époque où existaient en place, au voisinage du Signal de Mâlain, les calcaires du Jurassique supérieur, l'Albien, et les poudingues calcaires sans doute oligocènes. Or, au-dessous des carrières, on trouve l'Astartien, affaissé le long des failles, à 510^m. L'Albien et l'Oligocène pouvaient exister vers 600-650^m sur la lèvre affaissée, avant les dénudations qui ont determiné la topographie actuelle, et l'on peut s'expliquer ainsi l'entraînement de leurs éléments dans les diaclases et les failles. Comme les hauts plateaux de la région du Signal de Mâlain forment une pénéplaine à environ 600^m, pénéplaine évidemment postérieure aux dislocations, on pourrait penser que les remplissages de poches à cette altitude sont contemporains de la pénéplaine. Mais cela n'est guère conciliable avec la fraîcheur des cailloutis calcaires. Il nous paraît plus logique d'admettre qu'à l'époque où les dislocations se sont produites (sans doute après l'Oligocène) les terrains les plus voisins de la surface à ce moment (Jurassique supérieur, Albien, Oligocène) ont été entraînés dans les cassures et protégés ainsi, au moins en profondeur, contre les altérations. Ultérieurement, la pénéplanation a fait disparaître, sur les hauts plateaux du Signal de Mâlain, les terrains supérieurs au Bathonien (et accessoirement au Callovien); quelques fonds de remplissages de cassures ont été respectés dans ce travail de dénudation; outre l'intérêt qu'ils présentent pour l'étude de l'évolution du relief, ils constituent les témoins les plus occidentaux, et les plus élevés que l'on connaisse, de l'extension ancienne de l'Albien et sans doute aussi de l'Oligocène, en Bourgogne, entre la région de la Saône et le Bassin Parisien.

GÉOLOGIE. — *Les nappes provençales à l'Est de la vallée inférieure du Var.* Note de M. **Léon Bertrand**, présentée par M. Pierre Termier.

Quand on veut étendre vers l'Est les constatations relatives aux nappes provençales que j'ai faites avec M. Lanquine sur la rive droite du Var (¹), la continuité des observations est interrompue par l'énorme masse des poudingues du « delta pliocène du Var ». Pourtant, tout à fait au Nord, on peut suivre la prolongation de la charnière frontale de la duplicature supérieure et de la nappe du Cheiron qui lui est superposée, sur la rive gauche, dans la colline qui porte le village de la Roquette. Au delà, les poudingues ne laissent voir que l'extrême bord de la nappe du Cheiron, en contact immédiat avec le grand chevauchement alpin du Mont Vial, qui a d'ailleurs inversé localement les relations de cette nappe et des couches alpines, celles-ci venant recouvrir les couches provençales de la nappe sur une assez faible largeur. Puis, se developpe largement le Trias de Saint-Blaise, dont M. Maury et moi avons reconnu, dès 1913, la superposition aux couches alpines venant de la région de Levens et qui appartient à la nappe du Cheiron (une mince épaisseur de dolomies intercalées dans le contact peuvent correspondre à la duplicature supérieure laminée).

Dans cette région de Saint-Blaise commence d'ailleurs un régime de dislocations alpines, avec orientation générale des plis et contacts anormaux des couches secondaires suivant une direction NNW-SSE, dans le prolongement du faisceau des chevauchements de la Vésubie inférieure. Les nappes provençales les plus avancées y ont été replissées avec les couches de leur substratum et fortement érodées, au lieu de se présenter, comme à l'Ouest du Var, en larges surfaces où les répercussions alpines autres que les réaccentuations d'anciens plis provençaux sont restées, somme toute, assez localisées.

D'autre part, la distinction entre les calcaires et dolomies jurassiques correspondant à des témoins de nappes provençales et les couches de même âge qui surgissent en anticlinaux autochtones est rendue moins facile par le fait, que j'ai signalé depuis longtemps, que les faciès des couches alpines dans cette partie des Alpes-Maritimes se rapprochent des faciès provençaux, avec d'importants phénomènes de dolomitisation dans les deux séries

(¹) Léon Bertrand et Antonin Lanquine, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 399, 521 et 696.

qui en masquent encore les différences originelles. Cependant, l'étude, faite en partie avec M. Lanquine, de la région entre Saint-Blaise et Nice, m'a permis d'y poursuivre la distinction de deux nappes provençales superposées.

A la plus élevée, en continuité avec celle du Cheiron, appartient le Trias de Saint-Blaise avec sa couverture plissée de calcaires et dolomies jurassiques qui, se dirigeant vers le Sud, passent à l'Ouest du Sénonien autochtone du Mont Cima et s'étalent ensuite au Sud-Est d'Aspremont, formant la masse flottante du Mont Chauve, superposée au Crétacé. Il faut aussi lui rattacher un témoin de Jurassique flottant sur le Sénonien à Saint-André, sur les deux rives de la vallée du Riou Sec, tandis que les calcaires jurassiques dans lesquels est creusée la gorge en amont du village et qui portent Falicon forment une voûte sous le Crétacé surmonté par la nappe en question. Il est probable qu'il faut aussi rapporter à un témoin de celle-ci la lame isoclinale de Jurassique qui porte la partie haute du village de Tourrette et qui, au hameau des Moulins, se trouve séparée en deux parties rejetées l'une par rapport à l'autre.

D'autre part, les calcaires jurassiques qui se suivent d'Aspremont à Gairaut (banlieue nord de Nice) et dont la base infraliasique et triasique repose, à l'Ouest, comme je l'ai décrit, sur le Sénonien accompagné des calcaires et marnes nummulitiques du Moulin de Magnan signalés par M. Maury, correspondraient à la duplicature supérieure, dans la même situation d'ailleurs que sur la rive droite du Var, entre le confluent de l'Estéron et Carros.

Je ne crois pas que d'autres témoins des nappes provençales se trouvent au Nord et à l'Est de ceux que je viens d'indiquer. En particulier, le Trias qui s'étale au Sud-Est de Levens, à la terminaison périanticlinale du chevauchement alpin du Cros et de l'Huesti, n'a rien de commun avec celui de Saint-Blaise. Toutefois on peut penser que les chevauchements anormaux, dirigés vers l'Est, du Jurassique du Castelet et de celui du Férion dans la région de Châteauneuf auraient une origine provençale, mais seulement à titre d'avant-plis provençaux situés en avant du front des nappes et repris ultérieurement par le plissement alpin.

Pour retrouver des témoins des nappes provençales, il faut atteindre la région du Littoral, où les lignes tectoniques ont d'ailleurs une direction provençale et où s'imbriquent diverses bandes jurassiques. Un important témoin, formé de deux nappes superposées, constitue, entre Nice et la Pointe de Cabuel, la région littorale de Villefranche, Beaulieu et la Mer

d'Eze. La nappe inférieure, probablement équivalente de celle du Cheiron, comprend les dolomies jurassiques du château de Nice et de Riquier, se prolongeant par le Mont Vinaigrier, le Pacanaglia et les pentes qui dominent la Mer d'Eze, pour se terminer à la Pointe de Cabuel (où un renversement alpin inverse les relations de cette nappe et de son substratum). Les couches crétacées de cette nappe se trouvent à mi-côte des pentes ouest du Mont Boron et du Mont Alban, puis elles passent au Col de Villefranche pour se suivre d'une façon continue jusqu'à la Mer d'Eze, en s'enfonçant au Sud (souvent avec un renversement alpin donnant l'apparence contraire) sous le Trias et l'Infralias formant la base de la nappe supérieure.

Les calcaires et dolomies jurassiques de celle-ci forment le cirque qui entoure Villefranche et Beaulieu, depuis le Mont Boron jusqu'au Cap Roux, ainsi que le Cap Ferrat. Cet important témoin de la nappe supérieure forme l'extrémité occidentale d'une grande cuvette synclinale, compliquée d'un accident alpin passant à la gare de Villefranche et largement ouverte vers l'Est, dans laquelle se trouvent le Crétacé de Villefranche, Beaulieu et Saint-Hospice et le Nummulitique de Beaulieu. Il n'y a pas de doute que les eaux de la Méditerranée cachent donc une importante extension des deux nappes provençales supérieures vers l'Est; mais, plus au Nord, quelques petits îlots jurassiques situés près d'Eze, entre la grande bande jurassique qui passe au village et celle du fort de la Drette, peuvent seuls représenter des lambeaux de la nappe du Pacanaglia, séparés du témoin principal dont il vient d'être question.

En effet, les importantes bandes jurassiques existant au Nord de celui-ci (1° plateau de la Justice-Mont Fourche-Eze-Tête de Chien-La Turbie et Monaco; 2° La Drette-Col de Guerre-soubassement du Mont Agel; 3° nappe de l'Agel; 4° Pic de Baudon) sont nettement enracinées et autochtones. Les chevauchements qu'elles montrent sur une partie de leur longueur sont bien dirigés au Sud et alpins, comme je l'avais admis primitivement. Mais certains de ces accidents, qui ont pu être d'abord des avant-plis provençaux, auraient été initialement chevauchés au Nord; cela expliquerait certaines anomalies de la région de Peillon et de Peille qui ont pu faire penser que la nappe de l'Agel, en particulier, serait entièrement flottante et devrait être considérée comme un important témoin des nappes provençales.

GÉOLOGIE. — *Sur l'origine charriée du massif liasique situé à l'Ouest de Narbonne.* Note de M. L. BARRABÉ, présentée par M. Pierre Termier.

Le massif liasique qui forme les collines situées entre Narbonne, Névian, Ornaisons, Bizanet, Quillanet, la station de Montredon et l'étang de Treilles, est recouvert sur son bord septentrional par des dépôts quaternaires ou oligocènes qui ne permettent pas d'y étudier ses relations tectoniques. Sur son bord méridional, par contre, depuis Ornaisons jusqu'à la Combe du Loup, le contact du Lias avec le Crétacé supérieur ou moyen est presque partout visible. Une étude approfondie de ce contact m'a permis de constater qu'il ne peut pas être considéré comme le résultat d'une transgression crétacée sur le Lias.

Entre Ornaisons et Bouquignan, les calcaires du Lias moyen couronnent des calcaires dolomitiques et des marnes vertes de l'Infra-Lias reposant eux-mêmes sur le Trias gypsifère; ce Trias forme une large bande orientée presque W-E, occupant le fond d'un vallon et en contact au Sud avec des poudingues et des grès sénoniens qui s'enfoncent nettement sous lui. Plus à l'Est, dans la région de Renault, le contact avec le Crétacé se redresse et devient subvertical; le Trias, interrompu un instant sur quelques centaines de mètres au NW de Renault, réapparaît au fond d'un vallon et se poursuit en une lame très étroite jusqu'à 500^{m} environ au Nord de Bizanet où le Crétacé et le Lias sont recouverts par du Miocène et des alluvions quaternaires.

A l'Est de Bizanet, à la sortie du village, le contact Lias-Crétacé reparaît, mais là encore une lame de Trias et d'Infra-Lias est intercalée entre les calcaires du Lias moyen et les grès sénoniens. Cette bande de Trias, jalonnée par de nombreux pointements d'ophite, se poursuit dans le contact jusqu'à la bergerie de Laborio et au delà, s'appuyant toujours nettement sur le Sénonien, soit directement, soit le plus souvent par l'intermédiaire d'une lame de grès glauconieux très écrasés qui sont probablement cénomaniens ou albiens.

Entre Laborio et la cote 160, située à 1^{km} plus à l'Est, le massif de Lias émet vers le Sud une digitation atteignant la Caunette. Sur le bord occidental de cette digitation, entre Laborio et Quillanet, les grès sénoniens plongent régulièrement sous les calcaires du Lias dont ils sont séparés par une lame continue de Trias. Près de Quillanet, le contact Lias-Crétacé dis-

paraît à nouveau sous une plaine d'alluvions; mais au Sud de cette propriété, un affleurement de Trias avec ophite, s'appuyant sur le Sénonien par l'intermédaire d'une lame de calcaire urgonien, jalonne l'extrémité méridionale du massif liasique. La ligne de contact prend, en effet, une direction Nord à partir de la Caunette. Le calcaire du Lias qui domine la Caunette au Nord, s'appuie au Sud-Est et à l'Est sur du Trias qui est séparé du Sénonien par un affleurement important de calcaire aptien à *Orbitolina discoidea-conoidea* Gras, constituant la colline située immédiatement au Nord d'Auris (non distinguée du Lias sur la feuille de Narbonne). Un peu plus au Nord, le Trias se lamine et disparaît, mais on le retrouve à l'Ouest d'Aussières, puis au Sud-Est de la cote 160, au bord de la route de Narbonne à Thézan.

A l'Est de la route, le Trias se lamine à nouveau, mais reparaît bientôt au Sud de la cote 153, où se trouve une ancienne carrière de gypse. Cette lame de Trias se prolonge avec un peut d'Infra-Lias jusqu'à la dépression située au pied du château ruiné indiqué sur la carte. Dans toute cette région le Crétacé plonge nettement sous le Trias et le Lias.

A partir du château ruiné, le contact Lias-Crétacé prend une direction SW-NE, suivant la route de Narbonne jusqu'au Sud de la station de Montredon; mais sur toute cette longueur le contact direct est masqué par des alluvions. Toutefois les nombreuses sources captées pour l'alimentation en eau de la ville de Narbonne, dans la dépression que suit la route, indiquent la présence d'un niveau imperméable, probablement des marnes triasiques, au-dessous des alluvions, à la base du calcaire du Lias. Le Lias, avec un pendage NW, s'appuie sur le Crétacé; mais, près de la station de Montredon, les grès cénomaniens ont un pandage SE, inverse de celui du Lias : plusieurs surfaces de friction verticales dans les grès semblent indiquer en ce point un contact subvertical.

De la station de Montredon à la Combe du Loup, le contact, qui s'infléchit à nouveau vers le Sud, présente une lame continue du Trias avec ophite; les calcaires du Lias moyen s'appuient à nouveau sur le Cénomanien.

Il ressort de l'étude détaillée précédente que, sur une longueur de près de 20^{km}, le long d'une ligne de contact très sinueuse, le Lias moyen ou supérieur est presque toujours séparé du Crétacé par une bande de Trias ou d'Infra-Lias, qu'en presque tous les points le Crétacé plonge nettement sous ce Trias et qu'enfin il existe fréquemment des lames de grès albiens ou cénomaniens et de calcaires urgoniens pincés dans ce contact. On doit conclure de cet ensemble de faits que le Lias chevauche très largement

sur le Crétacé et il est permis de penser, malgré le manque d'arguments en faveur de cette hypothèse sur son bord Nord, que l'important massif liasique d'Ornaisons-Montredon, est entièrement charrié sur le Crétacé. Un argument nouveau, très important, en faveur de cette interprétation est la présence dans le fond de la dépression de Ferrodou, en plein massif liasique, d'une fenêtre de grès glauconieux, certainement crétacés et probablement cénomaniens, au centre d'un affleurement de Trias et d'Infra-Lias : cette fenêtre est le prolongement sous la nappe de la large bande de Cénomanien située à 2^{km} environ au SE.

GÉOLOGIE. — *Sur le Mésozoïque du Prarion (vallée de l'Arve).* Note de MM. **Paul Corbin** et **Nicolas Oulianoff**, présentée par M. Émile Haug.

On connaît les contours du Mésozoïque de cette région tels qu'ils ont été figurés, par Michel-Lévy, sur la Carte géologique française au $\frac{1}{80000}$ (feuille d'Annecy), dont M. Paréjas (1) a rectifié récemment les contours pour le synclinal complexe de Chamonix dans les environs du col de Voza. Cependant, même après cette rectification, on se demande, en étudiant la Carte et mieux encore, en parcourant le terrain, s'il est possible, dans cette région, de tracer exactement les limites nord-ouest du synclinal complexe de Chamonix. Le premier fait qui frappe, c'est le développement considérable du Mésozoïque sur le col de Voza, dans les environs des Houches et, plus précisément, dans la direction au nord de ce col (en descendant du col de Voza vers les Chavants).

Est-on en droit, avec M. Paréjas, de considérer le contour septentrional du Lias, dans cette région, comme la limite septentrionale de la zone de Chamonix? Nous sommes obligés de dire que les observations géologiques ne fournissent aucune base pour une telle affirmation. On remarque déjà sur la carte de Michel-Lévy, à partir des Chavants, dans la direction de Servoz, un grand paquet de Trias. Mais les observations de MM. E. Haug, M. Lugeon et P. Corbin (2) ont montré que le développement du Trias est, en réalité, moins considérable que celui figuré sur cette carte (feuille d'An-

(1) Ed. Paréjas, *Géologie de la zone de Chamonix*, Genève, 1922.

(2) E. Haug, M. Lugeon et P. Corbin, *Sur la découverte d'un nouveau massif granitique dans la vallée de l'Arve, entre Servoz et les Houches* (*Comptes rendus*, t. 135, 1902, p. 1379).

necy) et que ce Trias repose, en lambeaux épars, principalement sur le granite. La couverture liasique de ce Trias, dans la vallée de l'Arve, a été complètement enlevée par l'érosion. Mais si nous montons du col de Voza dans la direction de la crête du Prarion, par le chemin carrossable qui mène aux carrières d'ardoise, actuellement abandonnées, nous trouvons quelques lambeaux de Mésozoïque reposant sur le Cristallin et sur le Carbonifère. Ces lambeaux sont déjà plus complets que ceux de la vallée de l'Arve, étant moins exposés à l'érosion : le Trias est ici recouvert par le Lias. Montons encore et franchissons la crête du Prarion. Immédiatement au NW du pavillon du Prarion, on trouve encore un lambeau de Trias. Mais, en général, la crête n'a pas la constitution que lui prête Michel-Lévy. C'est dans le Cristallin (schistes et gneiss), et non pas dans les quartzites du Trias que cette crête est taillée.

Mais la pente, à inclinaison extrêmement douce, qui s'étend au NW du pavillon du Prarion, est couverte de nouveau par une série de lambeaux absolument de même constitution que ceux mentionnés précédemment : Trias surmonté par des couches de Lias d'épaisseurs variables. Parfois le Lias manque totalement et ce ne sont alors que de grandes plaques de quartzites du Trias. La presque horizontalité des couches détermine l'existence de nombreux marais et tourbières. Les ruisseaux, à écoulement assez lent, creusent dans ces lambeaux de vrais cañons. Dans la direction sud, les couches du Lias et du Trias, puis du Trias seul, plongent de plus en plus vers l'WNW et même vers l'W. La crête cristalline du Prarion représente donc le noyau d'un large anticlinal qui, par sa direction, ne correspond nullement à l'axe du plissement alpin dans la région de la vallée de Chamonix, car il coupe cet axe approximativement à 45°.

Nous reviendrons prochainement sur les causes qui ont déterminé l'apparition de cet anticlinal, ainsi que sur sa prolongation vers le sud. Pour l'instant, remarquons seulement que le Prarion, d'un côté, et les Aiguillettes du Brévent, de l'autre, déterminent une dépression qui, morphologiquement, est soulignée par la vallée de l'Arve entre les Houches et Servoz. M. Lugeon [1] a déjà émis l'hypothèse que ce tronçon de la vallée de l'Arve doit son existence à un synclinal. Nos recherches, on le voit, confirment pleinement ce point de vue. Jalonnée par le Lias dans la région des Chavants, puis indiquée seulement par les quartzites du Trias, cette inflexion

---

(1) M. Lugeon, *Recherches sur l'origine des vallées des Alpes occidentales* (*Annales de Géographie*, t. 10, 1901, nos 52 et 54.

synclinale à partir du Lac (hameau au sud de Servoz) cesse d'être visible, car plus au nord, sur les pentes au pied de la muraille des Fiz, qui domine Servoz, le fond de cette inflexion, c'est-à-dire son contact avec les terrains paléozoïques, est caché par un écroulement formidable. Cependant, plus au nord encore, son existence se fait sentir, comme cela a été démontré par M. Lugeon (1).

Ce pli ou cette inflexion synclinale n'est en rien un synclinal transversal, c'est un pli dépendant du faisceau de plis de la couverture hercynienne des Aiguilles Rouges, dont la direction générale est à peu près N-S, faisant ainsi un angle de 45° avec la direction alpine normale.

GÉOLOGIE. — *Le Pliocène de la péninsule du Cap Bon (Tunisie).* Note (2) de M. A. **Allemand-Martin**, transmise par M. Ch. Depéret.

Le Pliocène de cette péninsule a été peu décrit et ses étages n'en sont pas nettement délimités. Aubert, traçant, dans son « Explication de la Carte géologique provisoire de la Tunisie », les lignes générales de la géologie tunisienne, établit dans le Cap Bon, trois faciès du Pliocène dans le Djebel Roukba près Hammamet, mais sans donner d'âge précis; ailleurs, dans une coupe transversale, déjà ébauchée par Le Mesle et passant par Oum Douil, il se borne à indiquer la présence de sables pliocènes marins; mais il n'en donne pas de tracés exacts, et sa carte provisoire au $\frac{1}{800000}$ le restreint trop. Enfin M. Berthon, dans son récent Ouvrage, l'*Industrie minérale en Tunisie*, a donné, sur une esquisse au $\frac{1}{800000}$ de la péninsule, des limites plus exactes. C'est donc une question qui mérite d'être complétée. Mes recherches répétées sur cette péninsule, déjà résumées dans quelques Notes (3), me permettent de préciser, aujourd'hui, les caractères les plus importants de ces dépôts.

Les deux cuvettes synclinales de Takelsa et de la région Outhan el Kabli (prolongée jusqu'à la Sekha Fardjouna), qui bordent l'arête anticlinale centrale éocène-oligocène de l'Abder Rhamane, à direction SO-NE, sont remblayées par des dépôts d'âges très différents : la cuvette Ouest de la vallée de Takelsa, d'altitude moyenne de 130^m, est uniquement formée de

(1) *Loc. cit.*
(2) Séance du 16 avril 1923.
(3) Cf. Allemand-Martin, *Comptes rendus*, 1909 et 1921.

Miocène; nulle part, dans cette plaine de plus de 20^{km} de long, qui s'étend de l'Oued Bezirck au delà de l'Oued el Abid, on ne rencontre de Pliocène, ni même de Sahélien.

Au contraire, dans la vallée Est de la région Oulhan el Kabli, on peut relever au-dessus du Miocène, de très importantes formations pliocènes marines, atteignant l'altitude maxima de 328^{m} (Reba el Aïne), comparable à celles de certains sommets anticlinaux éocènes.

Voici, en partant de la base au fond de l'Oued Faouara (qui est en ce point la limite géographique de la formation), les superpositions observées :

a. A la partie la plus profonde (observée grâce au creusement d'un puits), et semblant former le fond imperméable du lit au-dessus des calcaires helvétiens, deux assises d'argiles jaunes et bleues, ces dernières, parfois visibles dans l'oued sous les sables siliceux du lit de l'oued, et renfermant *Cardium* sp., *Pecten* (*Amussium*) *cristatum* (Bronn.). Les argiles jaunes pourraient dubitativement représenter soit le Sahélien, soit la base du Pliocène, mais les fossiles y sont rares et peu caractéristiques. Les marnes bleues peu épaisses correspondent sûrement au Plaisancien et renferment les mêmes fossiles.

b. Grès siliceux friables à grains moyens, dont la désagrégation forme dans l'oued une épaisse couche de sables blancs : ils ne contiennent que des débris d'*O. lamellosa* Broc.

c. Grès plus compacts silicéo-calcaires d'épaisseur irrégulière.

d. Sables fins jaune clair agglutinés, ayant parfois l'aspect d'une molasse très tendre, assimilables aux sables astiens et riches en fossiles : *Ostrea plicatula* Lam., *O. frondosa* De Serr., *O. lamellosa* Br., *Lissochlamys excisa* Br., *Chlamys scabrellus* Lmk., *C. inæquicostalis* Lmk., *C. opercularis* L., *C. varius* L., *Macrochlamys latissimus* Br. de petite taille et rare, *Spondylus gœderopus*, *S. crassicostata* Lmk. (épaisseur 35^{m}).

e. Sur le versant SE, importantes intercalations d'argiles jaunes gypsifères à gros cristaux, peu fossilifères; elles reposent sur les sables astiens.

f. Vers le sommet, grès grossiers rosés à coquilles roulées dont *Pecten Jacobæus* L., *Cerithium vulgatum* L., *Cardium edule* L. (épaisseur 60^{m}). Ces grès passent à des grès plus grossiers encore, à gros graviers arrondis, avec ciment calcaire; faune semblable, mais moins abondante (épaisseur 30^{m} environ).

L'ensemble de ces grès qui constituent les hauts sommets des collines dominant Hammamet et, plus au Nord, bou Arkoub, me semblent représenter le Pliocène supérieur c'est-à-dire l'étage *Calabrien*, établi et décrit par M. Gignoux (¹); ils surmontent les sables astiens et les argiles. Cette

(¹) M. Gignoux, *Les formations marines pliocènes et quaternaires de l'Italie du Sud et de la Sicile* (Thèse Doctorat, Lyon, 1913).

formation de gros grès, inclinés vers l'Est, n'existe que sur une étendue d'une dizaine de kilomètres nord-nord-est de Hammamet : elle forme les points culminants de tout le Pliocène. Elle ne dépasse pas la longitude de Nabeul. Les hauteurs s'abaissent vers le Nord-Est; passant de 328^m (Dj. Reba el Aïne) à 265^m-266^m (Dj. Baroub, Dj. Betène el Hammani), à 129^m (Dj. Haddad) et à 60^m (près Oum-Douil).

En poursuivant vers le Nord-Est l'exploration de cette chaîne de collines, qui reste sensiblement parallèle au rivage, à une distance de 6^{km} environ, on voit se continuer après Nabeul, les argiles jaunes à gypse (Dj. Sidi Abd Salem) profondément ravinées jusqu'aux grès; puis celles-ci disparaissent pour laisser voir les sables astiens, sous-jacents, reposant eux-mêmes sur les marnes plaisanciennes de grande épaisseur et très exploitées pour les poteries à Nabeul.

Les sables astiens, très fossilifères, sont particulièrement développés à quelques kilomètres au nord-ouest de Nabeul où l'on y rencontre de très beaux spécimens de *Macrochlamys latissimus* Br. et *M. latissimus* var.; à peu de distance sud-est de Oum Douil, où ils sont riches en *Flabellipecten*, dans les berges de l'Oued Chiba, de l'Oued Lebna (latitude Menzel Heurr.) près l'intersection de la route de Menzel Temine et de l'Oued Lebna, où l'on observe de nombreux *Pecten Jacobœus*, associés à des *Flabellipecten* (*F. flabelliformis* Br.); dans ce même oued, plus au Nord, les mêmes fossiles, et des oursins, *Schizaster* sp., *Echinolampas* sp., *Echinus* sp. Sur une très grande étendue ils sont recouverts de travertins assez épais d'âge probablement quaternaire. Au delà de Menzel Temine ils ne se retrouvent qu'en profondeur ainsi que le montrent les creusements de puits à 5^{km} ou 6^{km} du rivage. Au delà de la Sebkha Fardjouna, dans la cuvette périclinale, limitée par les sommets de Boukrim, Kelibia, El Aouaria, je ne l'ai plus observé. Récemment, sur la rive gauche de l'Oued Lebna sous les sables jaunes astiens cités plus haut, a été mis en exploitation un important gisement de marnes plaisanciennes pour la fabrication de tuiles et de briques : on y a trouvé de belles dents de *Carcharias sp.* avec *P. cristatus*, mal conservés.

Le Cap Bon renferme donc une série complète de Pliocène sous le faciès marin. J'ai recueilli en outre de très mauvais fragments d'ossements dans la partie gréseuse dominant l'Astien, mais indéterminables.

BOTANIQUE. — *Sur la nature morphologique de la « pomme » des Choux-fleurs.* Note de M. **Henri Coupin**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Le Chou cultivé (*Brassica oleracea* L.) est la plante potagère qui offre le plus de variétés, soit par ses feuilles qui peuvent se recouvrir étroitement les unes les autres (*Choux cabus blancs*, *Choux de Milan*) ou rester lâches et s'étaler (*Choux verts*), soit par ses bourgeons (*Choux de Bruxelles*), par ses tiges renflées sur toute leur longueur (*Chou moellier*) ou seulement au-dessus de terre (*Chou-rave*) ou par ses racines arrondies en un bulbe volumineux (*Choux-navets*, *Rutabagas*). Ces variations ne diffèrent pas sensiblement de toutes celles que l'on peut observer chez diverses plantes cultivées ou sauvages. Il n'en est pas de même de la variété dite *Chou-fleur*, dont — à ma connaissance — on ne connaît rien d'analogue.

A propos de la « pomme » blanche, d'aspect un peu madréporique qui se trouve dans cette variété et qui en est la partie comestible, on peut se demander :

1° Quelle en est la nature morphologique?

2° Si elle est d'origine tératologique ou d'origine parasitaire?

Dans le but de répondre à ces deux questions qui semblent n'avoir été traitées nulle part, j'ai fait des coupes en série sur des fragments de cette « pomme » et les ai colorées par différents réactifs colorants me paraissant appropriés.

Je n'ai pas tardé à me rendre compte que cette masse blanche n'a rien de « floral » — malgré son nom — et qu'elle est exclusivement constituée par des rameaux très nombreux et très divisés arrêtés dans leur développement après s'être hypertrophiés en diamètre. Ces rameaux ont la constitution ordinaire des tiges, sauf que la partie vasculaire y est à peine apparente, les vaisseaux, notamment, étant restés à l'état primitif sans lignification des parois longitudinales; ils sont accompagnés de rares petites feuilles bractéiformes et un peu charnues; il n'y a pas trace d'organes floraux.

Tout ce qu'on peut considérer, peut-être, comme « floral » (et encore cela n'est-il pas bien sûr), ce sont des milliers de petites massues qui apparaissent un peu tardivement sur la pomme et qui n'ont guère que $0^{mm},5$ à 1^{mm} d'épaisseur. Ces massues sont terminées par une surface arrondie présentant, parfois, une ou deux petites boursouflures qui rappellent un peu celles que l'on observe dans le développement des pièces florales; mais,

comme elles sont très éphémères, on ne peut dire si elles auraient évolué en ces pièces ou en de simples rameaux.

Le tissu des rameaux reste tendre grâce à l'absence de sclérenchyme et de vaisseaux ligneux; il est constitué par des cellules où le protoplasma est presque exclusivement pariétal et ne renferme que de rares grains d'amidon remarquables, à la fois, par leur petitesse et leur peu d'abondance. La surface terminale des rameaux est formée par quelques assises de cellules dont le noyau est presque aussi gros qu'elle-même et dont le protoplasme est dense. Il n'y a pas de chloroleucites et, par le traitement par l'alcool ou l'acétone, on n'obtient aucune teinte verdâtre. Il semble bien que l'on ait là un cas très particulier d'organes aériens de végétaux supérieurs ne contenant pas de chlorophylle; ce fait (s'il est, comme il est probable, confirmé par l'examen spectroscopique) pourrait être mis à contribution pour l'étude de la respiration qui, chez les phanérogames, est gênée par la fonction chlorophyllienne lorsqu'on les expose à la lumière.

La « pomme » des Choux-fleurs n'est donc pas, comme on l'a dit, une « inflorescence développée en largeur et en épaisseur », mais des ramifications de la tige arrêtées dans leur développement. Ce n'est que, tardivement, après qu'ils ont cessé d'être comestibles que ces rameaux à l'état de vie ralentie se réveillent, en quelque sorte, et que quelques-uns d'entre eux poussent sous forme d'inflorescences se terminant par des fleurs normales semblables à celles des autres variétés de Choux.

Dans les cellules de la « pomme » des Choux-fleurs, malgré l'emploi de colorants variés, je n'ai jamais pu déceler de parasites animaux ou végétaux (champignons ou bactéries). Sa production ne semble donc pas avoir une origine parasitaire [1], mais être une simple monstruosité, laquelle présente ces deux particularités d'être héréditaire (toutes les graines de Choux-fleurs donnent des Choux-fleurs) [2] et de ne durer qu'un certain temps, pour, sur le tard, se développer en organes normaux.

---

(1) Il est évidemment possible qu'il puisse y avoir, ailleurs que dans la « pomme », des parasites qui en provoquent l'apparition à distance. Il faudrait qu'on les recherchât, par exemple, dans les racines, les feuilles, les fleurs où les graines. Tout ce que je puis dire à cet égard est que je n'en n'ai pas trouvé trace dans ces dernières, qui, dans des coupes histologiques, se sont montrées identiques à celles des autres races de Choux.

(2) Renseignement fourni par la maison Vilmorin et que j'ai tenu à me faire confirmer, car, souvent, les graines de « variétés » ou de « races » donnent des pieds retournant au type originel dont elles proviennent.

En résumé, *la « pomme » des Choux-fleurs est formée*, non, comme on aurait pu le croire, par des fleurs, mais *par des tiges arrêtées dans leur développement. Cet arrêt est d'origine tératologique et non parasitaire.*

BOTANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur un procédé de conservation des bois.* Note de M. **R. Chavastelon.**

A la suite d'un accident survenu dans une cave, chute d'une pièce de vin de 225^l, par rupture des chantiers en sapin, neuf et sain, de $10^{cm} \times 10^{cm}$, posés sur des massifs en pierre, distants de $1^m,50$ et installés, depuis un an, dans un local au deuxième étage, au sous-sol, soit à une profondeur de 8^m environ, où la température, constante, est de 9° et où l'aiguille d'un hygromètre à cheveux, contrôlé, reste fixe à 90°, nous avons été amené à étudier les moyens d'empêcher l'invasion des bois par les moisissures.

Des essais comparatifs nombreux et répétés poursuivis pendant 12 années, nous ont conduit à retenir particulièrement la solution de bichromate de cuivre,

$$Cr^2O^7Cu, 2H^2O$$

obtenue par mélange de solutions faites à chaud, mais refroidies, de bichromate de potassium ou de sodium, de poids moléculaires voisins,

$$Cr^2O^7K^2 = 295,$$
$$Cr^2O^7Na^2.2H^2O = 299$$

et de sulfate de cuivre, chacune d'elles étant à 6 pour 100. Le mélange de solutions chaudes entraîne la précipitation de chromate de cuivre, inutilisé.

Il y a donc, d'après l'équation de double décomposition, même en la considérant comme intégrale, ce qui n'est pas, en raison de la présence des sulfates de potassium ou de sodium, formés, de sulfate de cuivre non décomposé, qui provoquent un équilibre, un léger excès utile de bichromate alcalin.

Passée au pinceau ou distribuée au pulvérisateur, cette solution s'est montrée; même après une seule application, d'une efficacité remarquable sur des bois, d'essence tendre ou dure, exposés ou non aux intempéries et dans des conditions très variées.

Par exemple, des lattes à plafond, en sapin, de 1^{cm} d'épaisseur, badigeonnées au pinceau, étaient, après six ans, absolument intactes, tandis que

les mêmes lattes, non traitées, avaient, après deux ans, l'aspect et la consistance de l'amadou; des ruches Layens, fabriquées avec des lames à parquet en sapin, ayant déjà souffert des intempéries et badigeonnées une seule fois, ont pu subir, sans dommage, une exposition, en plein air, de cinq années.

Le bois traité acquiert une couleur brune agréable et peut se passer de peinture.

Le bichromate de cuivre qui imprègne le bois vert ou sec se transforme après avoir exercé, par oxydation, son action destructive sur les microbes, les moisissures et leurs spores, assez rapidement, en chromate basique de cuivre,

$$CrO^4Cu.2H^2O,$$

peu soluble, qui bouche les pores et assure une réserve durable d'acide chromique et d'oxyde de cuivre par sa dissociation progressive en chromates de plus en plus basiques, tels que

$$2\,CrO^4Cu, \quad 5\,CuO, \quad 5\,H^2O,$$
$$CrO^4Cu, \quad 6\,CuO, \quad 5\,H^2O.$$

La préparation des solutions de bichromate et de sel de cuivre, non plus que leur mélange, ne doit jamais être faite dans des récipients en fer, étamé ou non, en métal en général; seuls conviennent les récipients en bois, terre vernissée, grès ou verre. Même remarque pour l'usage et la conservation de la solution de bichromate de cuivre.

Il va de soi que si, pour des bois, ouvrés ou non, exposés à la lumière, on badigeonne au préalable, avec un gros pinceau ou au pulvérisateur, avec une solution légère de colle forte, et qu'on laisse sécher, la gélatine insolubilisée par le bichromate alcalin en léger excès assurera une obturation plus complète des pores du bois, donc une conservation encore meilleure.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Sur quelques propriétés physico-chimiques des constituants de l'œuf d'Oursin.* Note de M. **Fred Vlès**, Mlle **G. Achard** et M. **Dj. Prikelmaier**, présentée par M. Henneguy.

Dans une série de Notes antérieures, on a vu que la division de l'œuf d'Oursin peut être arrêtée réversiblement par abaissement du p_H de l'eau de

mer périphérique [1], et que, d'autre part, le p_H intérieur de l'œuf normal est lui-même vraisemblablement assez bas. L'étude physico-chimique des substances de l'œuf apporte une notion complétant celles-ci.

Sur des œufs vierges d'Oursin (*Paracentrotus lividus* Lk) mûrs et lavés par décantation dans l'eau de mer, on observe le p_H intérieur par la méthode d'écrasement précédemment décrite. Puis plusieurs centimètres cubes d'œufs du même lot sont portés dans une eau de mer acidifiée, dont on rend le p_H approximativement égal au p_H intérieur trouvé (soit 5,8 par exemple); ils sont décantés et introduits, avec une petite quantité de liquide de ce p_H, dans des tubes de verre étroits que l'on porte dans un mélange réfrigérant à — 15°. La masse congelée est rapidement broyée dans un mortier de verre refroidi; on obtient ainsi une émulsion dans laquelle les différents constituants de l'œuf sont intimement mélangés et dispersés dans un liquide de même p_H que leur liquide interstitiel normal. Cette émulsion est, bien entendu, conservée à froid jusqu'au moment de sa mise en expérience.

Propriétés de l'émulsion. — La purée d'œuf ainsi obtenue constitue une émulsion extrêmement homogène. La centrifugation (pesanteur × 7000; 1/4 d'heure) ne sépare, d'un excédent de liquide interstitiel aqueux, entraînant du pigment et quelques gouttes de graisses, qu'un magma uniforme de granulations fines à peu près égales, où les colorations microscopiques permettent seules de reconnaître, de ci de là, quelques gouttelettes de graisses isolées et quelques éléments chromatiques dispersés. L'émulsion flocule dans l'eau distillée, et dans les eaux de mer à p_H modifié entre p_H 0 et p_H 4 d'une part (maximum vers p_H 2), et vers p_H 12 d'autre part.

Cataphorèse. — L'émulsion précédente est soumise à cataphorèse dans des eaux de mer de p_H 3; 4,1; 5,0; 5,8; 9 (dispositif analogue à celui de Michaelis, mais renversé; chute de potentiel de 4 volts environ par centimètre; électrodes : cuivre-sulfate de cuivre, eau de mer acidifiée, tampon de coton imbibé). L'expérience montre dès le début un transport net à la cathode dans p_H 3; 4,1 et 5,0; à l'anode dans p_H 9; dans p_H 5,8 le transport est ambigu, avec cependant une légère prédominance à l'anode. Après un passage prolongé du courant, qui peut d'ailleurs produire des altérations secondaires, on constate des transports partiels tardifs vers + à p_H 3 et p_H 5, vers — à p_H 9. Le point isoélectrique d'un des principaux constituants

[1] F. Vlès, J. Dragoiu et M. Rose, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 133, 409 et 531.

du complexe ovulaire correspond donc à un p_H compris entre 5,0 et 5,8, et probablement très voisin de ce dernier chiffre. Le pigment paraît peu intéressé par le transport.

Des expériences équivalentes faites avec des œufs broyés dans p_H 8 ont donné des résultats moins simples et moins réguliers; en particulier la cataphorèse a montré plusieurs points d'inversion, ce qui est signalétique de l'hétérogénéité de l'émulsion utilisée dans cet état. Il n'est pas impossible par conséquent que le complexe montre un maximum de cohérence au voisinage du point isoélectrique (¹).

L'œuf vivant normal d'Oursin paraît donc, d'après son p_H intérieur, équilibré au voisinage immédiat du point isoélectrique d'un de ses principaux complexes, Or le point isoélectrique, si l'on admet les données de Loeb (²), représente le minimum d'un grand nombre de propriétés physico-chimiques des colloïdes protéiques (viscosité, gonflement, conductivité, pression osmotique, charge électrique, liaison avec les électrolytes périphériques etc.); il s'ensuit que toute variation du p_H intérieur de l'œuf, de quelque sens qu'elle soit, aura des chances de produire un effet analogue de croissance de ces diverses variables. En particulier, le dépassement du point isoélectrique dans l'abaissement expérimental du p_H extérieur permet d'imaginer un mécanisme cohérent du blocage de la division. D'autre part, l'élévation probable du p_H intérieur qui suit vraisemblablement, au moment de la fécondation, l'émission de la bouffée de CO^2 caractéristique de ce stade (³), est à relier à l'élévation de viscosité vue par Heilbrunn pour le même moment (⁴).

(¹) Ces faits sont peut-être à rapprocher de ceux signalés récemment par Jacobs (*Biol. Bull.*, 1922, p. 14), sur les différences de stratification par centrifugation que présentent les œufs dans p_H 5 et dans p_H 8.

(²) J. Loeb, *Proteins and the theory of colloïdal behavior*, M. C. Graw. hill, London, 1922.

(³) F. Vlès, *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 643.

(⁴) Heilbrunn, *Journ. exper. zool.*, 1921, 34, 3.

PHYSIOLOGIE. — *L'acérébellation expérimentale chez les Lézards.* Note de M. E. Leblanc.

L'ablation du cervelet a été pratiquée deux fois sur *Varanus griseus*, cinq fois sur *Uromastix acanthinurus*, une fois sur *Chamaeleo vulgaris*.

Technique. — Opération sans anesthésie sous la loupe. Trépanation immédiatement en arrière de l'œil pariétal. Mise à nu de la région du cervelet et des lobes optiques après incision des méninges. Exérèse avec une fine pince à disséquer ou une petite curette tranchante. Le seul accident opératoire à peu près inévitable est l'hémorragie par ouverture du sinus veineux supérieur. La vérification après la mort a montré que l'ablation était toujours exactement limitée au cervelet. Le traumatisme opératoire est minime et la région voisine, notamment le labyrinthe, totalement épargnée.

Résultats physiologiques :

I. *Chamaeleo vulgaris.* — Après l'opération, période de polychromie très vive et choc de quelques heures. Troubles marqués de l'équilibre. Mouvements de roulis, démarche ébrieuse, chute latérale. Dysmétrie des membres postérieurs.

II. *Uromastix acanth.* — Ataxie, adynamie sans paralysie. Mouvements de recul. Extension forcée de la tête. Incoordination, démarche ébrieuse, gyration autour d'un axe vertical.

III. *Uromastix acanth.* — Marche pénible. Titubation, roulis, extension de la tête. Rotation rapide du corps autour de l'axe horizontal par incoordination et asynergie.

IV. *Uromastix acanth.* — Rotation autour de l'axe du corps. Marche rapide et ébrieuse.

V. *Uromastix acanth.* — Rotation autour de l'axe vertical. Extension forcée de la tête. Chute sur le côté. Rotation sur l'axe longitudinal.

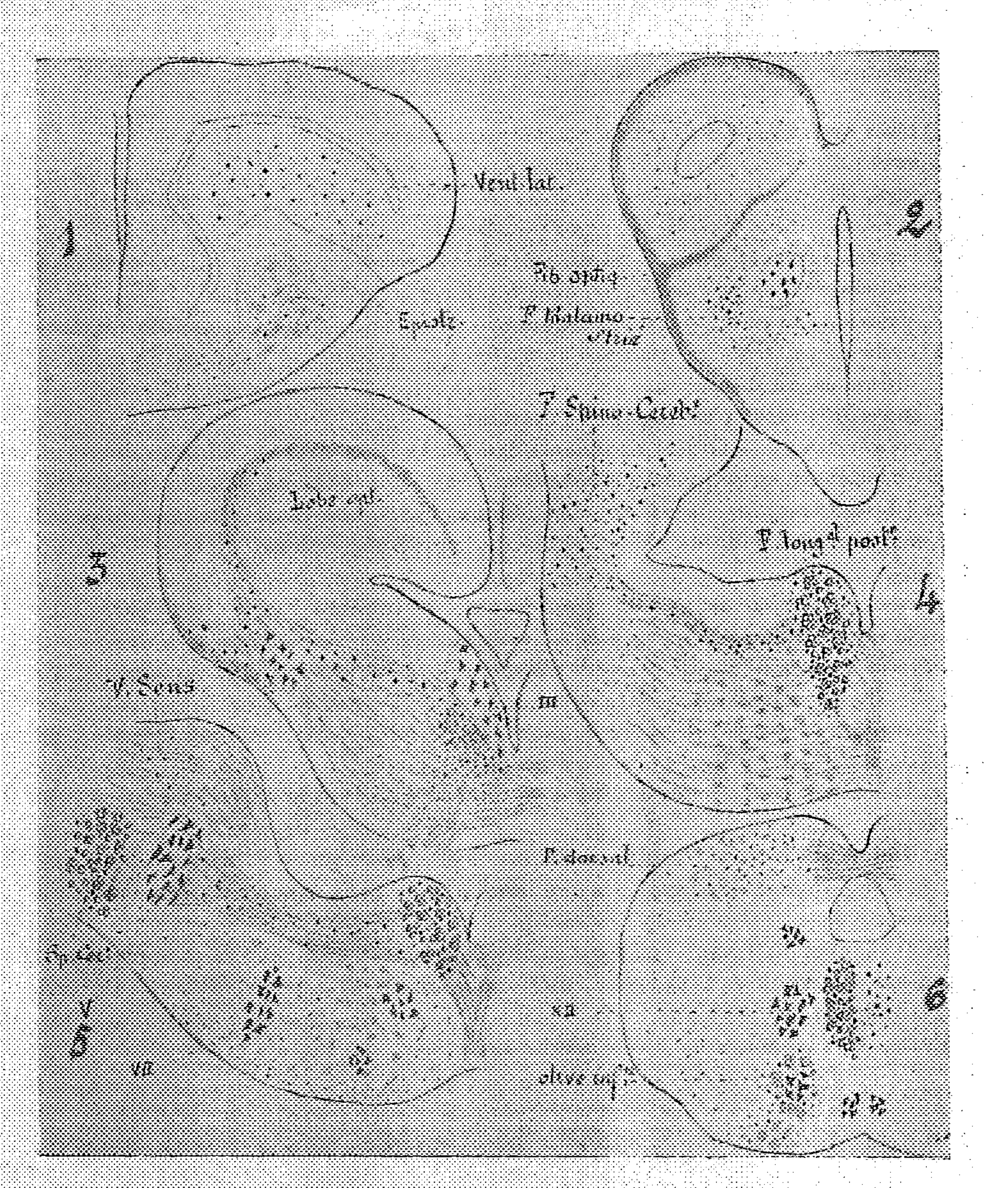
VI. *Uromastix acanth.* — Tête déviée à gauche. Rotation autour de l'axe du corps.

VII. *Varanus griseus.* — Marche ébrieuse. Chute latérale. Incoordination. Tête en extension forcée.

VIII. *Varanus griseus.* — Pas de signes de déficience cérébelleuse.

Exception faite de ce dernier, le tableau symptomatologique est donc le même pour tous les opérés et correspond, dans la mesure d'observation possible, aux syndromes cérébelleux expérimentaux des Vertébrés supérieurs.

Examen anatomo-pathologique. — Fixo-chromage au Muller. Méthode de



Fibres dégénérées (méthode de Marchi) dans l'accérébellation des Lézards.
(Réductions demi-schématiques d'après des dessins à la chambre claire.)

Fig. 1. Coupe frontale du cerveau antérieur. — Fig. 2. Coupe frontale du cerveau intermédiaire. — Fig. 3. Coupe frontale du cerveau moyen. — Fig. 4 et 5. Coupes frontales de la protubérance. — Fig. 6. Coupe frontale du bulbe.

Marchi et inclusion à la paraffine. Coupe à 20 μ. La figuration des grains myéléniques de Marchi indiquant les fibres nerveuses dégénérées est tout à fait superposable chez l'ourane et chez l'uromastix.

Aspect des lésions en avant du cervelet. Coupes frontales :

Cerveau moyen. — Grains fortement groupés dans la bandelette longitudinale postérieure, à la partie inférieure du noyau de III ou de IV. Traînée dans le tractus tecto-bulbaire, ventral et dorsal, allant au toit du lobe optique.

Cerveau intermédiaire. — Grains nombreux dans la région médiane du thalamus, circonscrivant le noyau antérieur, avec les fibres strio-thalamiques.

Cerveau antérieur. — Fibres dégénérées abondantes groupées dans la région inférieure du corps strié (faisceau thalamo-strié) et disséminées dans tout le corps strié. Le pallium en est dépourvu.

Lésions au niveau et en arrière du cervelet :

Protubérance. — Grains abondants dans F. L. P. et dans un faisceau dorsal allant de la bandelette au pédoncule cérébelleux. Dans ce pédoncule, tractus spino-cérébelleux (descendant) fortement dégénéré. Grains épars dans toute l'étendue du pont. En arrière, grains nombreux dans le faisceau spino-cérébelleux, et le faisceau spino-bulbo-tectal.

Bulbe. — Grains de Marchi groupés dans le faisceau longitudinal postérieur et dans le faisceau dorsal. Grains moins nombreux dans le faisceau tecto-bulbaire.

Moelle. — Les fibres dégénérées abondent sur toute l'étendue des cordons de la moelle sans systématisation bien nette.

Remarques. — Dans le névraxe antérieur, les fibres cérébelleuses, d'abord groupées dans F. L. P., suivent ensuite deux voies :

a. Des fibres vont au toit des lobes optiques en suivant le *f* tecto-bulbaire ventral et dorsal.

b. Des fibres montent vers le thalamus et plus haut jusqu'au cerveau antérieur en suivant le *f* thalamo-épistrié, pour se terminer dans le corps strié (fibres fines disséminées).

Dans la moelle allongée les fibres cérébelleuses sont groupées dans le faisceau longitudinal postérieur et dans le faisceau dorsal, mais il en existe aussi sur le trajet du *f* tecto-bulbaire.

Enfin, dans la moelle les fibres cérébelleuses sont disséminées et abondantes.

Il ressort de l'examen de ces coupes que le cervelet est surtout en relation avec les centres inférieurs, bulbe et moelle; que les relations avec les centres supérieurs sont réduites (lobe optique thalamus et corps strié); que le chemin ascendant et descendant le plus employé est celui du faisceau longitudinal postérieur.

PHYSIOLOGIE. — *Choc et réactions parasympathiques.* Note de M. J. GAUTRELET, présentée par M. Charles Richet.

Dans diverses communications faites à la Société de Biologie (1921-1923) nous avons mis en évidence un ensemble de faits qui éclairent d'un jour nouveau les processus nerveux, plus particulièrement certaines réactions vaso-motrices, consécutifs au choc.

C'est à l'aide d'un nouveau réactif, le complexe thionine-nigrosine, introduit par nous en physiologie, que nous avons pu dégager ces notions.

I. Si l'on injecte dans la veine d'un chien *normal* sucessivement 1^{cm^3} d'une solution de thionine et 1^{cm^3} d'une solution de nigrosine à 1 pour 100 par kilogramme, on enregistre une chute marquée et durable de la pression sanguine.

Dans cette intoxication, c'est à la nigrosine qu'il convient d'attribuer l'action hypotensive : nous avons montré que la chute de pression, de mécanisme parasympathique, résultait de l'excitation des centres bulbo-médullaires cardiaque et vaso-dilatateurs se transmettant par le pneumogastrique, et de l'excitation du système dilatateur périphérique.

II. A un chien qui a reçu, 24 heures auparavant, une certaine dose de *peptone* ou d'*argent colloïdal* dans les veines, si l'on injecte, comme précédemment, la thionine puis la nigrosine successivement, on ne constate aucune chute de pression.

A la suite d'un choc peptonique ou colloïdal [1], le moins que l'on puisse avancer est donc que le système vasomoteur a régi de façon telle que l'excitation du système vaso-dilatateur par la nigrosine est inefficace. Durant au moins 24 heures le système parasympathique se trouve en état de moindre excitabilité. Nous avons constaté que l'absence de réaction à la nigrosine commence 20 à 30 minutes après l'injection de peptone ou d'argent colloïdal.

A la vaso-dilatation définissant le choc succède donc un phénomène réactionnel de défense dans lequel il est permis de trouver l'explication des

---

[1] Le chorure de sodium, le carbonate de soude sont d'effet moins constant. Une injection d'adrénaline ou d'ergotoxine n'empêche pas l'hypotension consécutive au complexe colorant.

phénomènes de tachyphylaxie et de la période réfractaire de l'anaphylaxie.

Les auteurs ont insisté sur l'état de moindre excitabilité parasympathique qui succède à l'injection de choline ou de pilocarpine, excitants parasympathiques bien définis. Nous avons pu montrer qu'une injection d'acétylcholine ou de pilocarpine pratiquée un quart d'heure avant l'injection de thionine-nigrosine, neutralisait également l'effet hypotenseur du complexe colorant. Mais la durée d'hypo-excitabilité parasympathique après choline notamment, est infiniment moins prolongée que celle que nous avons mise en évidence après le choc. C'est d'ailleurs ce qu'ont constaté Zunz et La Barre, quand, d'accord avec nos expériences antérieures, ils ont utilisé la choline chez le cobaye, pour prévenir le choc sérique.

III. Si l'on injecte la seule nigrosine, et cela est important à remarquer pour légitimer la définition de notre complexe colorant, on observe une chute de pression, que l'animal soit peptoné ou non antérieurement. *Quel rôle attribuer donc à la thionine* qui, comme nous l'avons montré il y a quelques années, n'a pas d'action sur la pression? Heymans lui concède une action légèrement excitante sur le parasympathique; le fait que l'on peut dans le complexe colorant lui substituer, comme nons l'avons mis en évidence, le bleu de méthylène, qui d'après les recherches de Heymans, Koskowski et Maigre, paralyse au contraire les terminaisons parasympathiques, nous incite à croire que si un tel colorant, thionine ou bleu, doit être nécessairement associé à la nigrosine, c'est en tant que colorant vital que sa présence est indispensable [1] et, à ce titre, son rôle de mordant sera d'autant plus aisé à l'égard de la cellule nerveuse après injection de peptone, que celle-ci, en modifiant l'équilibre lipoïdique (Wolff et Yung), provoque une plus grande perméabilité cellulaire (Hendrix).

IV. Nos conclusions sont à rapprocher de celles de Widal, Tinel, Santenoise et Garrelon, Bouché et Hustin, qui ont insisté sur les perturbations de fonctionnement de l'appareil vagosympathique au cours du choc.

Elles sont à rapprocher aussi de celles de Lumière, qui a montré que le taux des leucocytes, s'il diminue durant une demi-heure environ après les accidents anaphylactiques en même temps que s'abaisse la pression, se relève ensuite de telle façon que, pendant 24 heures, on peut constater une véritable leucocytose; celle-ci ne ferait que traduire l'inversion des phénomènes vaso-moteurs par nous constatée.

---

[1] Cf. Billard, Gautrelet et Briault, *Soc. de Biol.*, 1913-1914.

Enfin, une fois de plus, se trouve justifié le rôle important que Charles Richet attribue au système nerveux dans les phénomènes anaphylactiques.

Conclusions. — 1. Le complexe thionine-nigrosine provoque la baisse de pression sanguine par excitation de l'appareil vaso-dilatateur.

2. L'absence d'hypotension, sous l'influence du complexe colorant, constatée par contre chez l'animal qui a reçu antérieurement une injection de peptone ou d'argent colloïdal, permet de conclure, dans ces conditions, à une paralysie du système nerveux parasympathique.

3. Il est ainsi loisible de déterminer la nature exacte, paralysie parasympathique, des réactions nerveuses consécutives au choc et d'expliquer, au moins en partie, par un tel processus nerveux, la période réfractaire de l'anaphylaxie et le mécanisme de la tachyphylaxie.

HISTOLOGIE. — *Détection histochimique du fer total dans les tissus par la méthode de l'incinération.* Note (¹) de M. A. **Policard**, présentée par M. Roux.

Toutes les méthodes préconisées jusqu'ici comportent deux temps, plus ou moins nettement séparés : d'une part, la libération du fer de ses combinaisons avec les protéiques des tissus, d'autre part la mise en évidence finale, du fer ainsi démasqué, par une de ses réactions habituelles, généralement celles du bleu de Prusse ou du sulfure de fer. Ces méthodes sont précieuses par les renseignements, au moins approximatifs, qu'elles donnent sur le degré de solidité de l'union du fer avec les protéiques protoplasmiques. Mais avec elles, un doute subsiste toujours. En effet, jamais le démasquage du fer n'est complet ni suffisant pour que la totalité de ce métal soit sûrement libérée et caractérisée. On obtient une réaction seulement avec le fer présent, dans les tissus, soit à l'état inorganique (oxyde de fer, ferratine), soit à l'état de combinaison inorganique lâche. Mais jamais le fer fortement combiné ne peut ainsi être révélé. Les réactifs, qui seraient nécessaires pour cela, ne permettent jamais la conservation sur les coupes de l'architecture des tissus.

Or il existe une technique histochimique simple, qui permet de révéler et de localiser, d'une manière à la fois facile et exacte, la totalité du fer

(¹) Séance du 16 avril 1923.

contenu dans un tissu, quelle que soit la solidité de son union avec les protéiques; et cela, en conservant la localisation topographique du métal dans la coupe. Cette technique est celle de la minéralisation des coupes par calcination que j'ai indiquée dans une Note précédente ([1]).

Grâce à ce procédé, on peut obtenir le squelette minéral d'une coupe avec la conservation parfaite de son dessin et de son architecture générale. Dans les points qui contiennent du fer en quantité suffisante, les cendres présentent une teinte jaune ou rouge due à la présence d'oxyde de fer.

Cette teinte est proportionnelle à la quantité de fer. Dans les points où cette quantité est relativement faible, la teinte est jaune; c'est le cas du sang contenu dans les vaisseaux. Quand le fer est plus abondant la teinte est rouge vif : c'est le cas des cellules à pigment ocre, des anciens points hémorragiques, etc. L'intensité de la teinte rouge donne jusqu'à un certain point une idée de la densité de l'oxyde de fer, donc de celle du fer lui-même. Ici, il s'agit bien entendu du fer total. Le démasquage du métal est absolument complet, et avec maintien de sa localisation exacte dans la coupe.

Pour observer convenablement cette coloration, il est bon d'examiner la coupe minéralisée non en lumière transmise, par transparence, mais en lumière réfléchie. Le dispositif le meilleur est le suivant.

La coupe minéralisée est placée sur la platine d'un microscope binoculaire de Greenough; le miroir étant masqué par l'écran noir. Un faisceau de rayons parallèles de lumière blanche est dirigé sur la préparation, sous un angle aigu par rapport à l'horizontale, par exemple 10° à 20°. Déjà à l'œil nu, et mieux à un grossissement de 50 à 100 diamètres, les plages ferrugineuses de la coupe apparaissent jaune clair, rouge clair ou rouge vif suivant la teneur en fer.

Par comparaison avec une préparation identique, colorée par les méthodes habituelles de l'histologie, il est facile de repérer exactement les points de la coupe qui présentent ces colorations et d'en étudier les caractères morphologiques.

Cette méthode est très sensible. D'après quelques essais faits avec des solutions titrées de fer, on obtient une teinte jaune avec les cendres d'une goutte très minime d'une solution albumineuse renfermant 1 pour 50000 de fer métal.

Elle donne d'autre part avec facilité des renseignements sur la teneur en

---

([1]) A. Policard, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1012.

fer des divers points d'une coupe. En comparant les résultats ainsi obtenus avec ceux des techniques histochimiques habituelles du fer, avec ou sans démasquage, on peut prendre une idée assez exacte du degré de solidité de la liaison de ce métal avec les constituants divers des cellules et des tissus.

Sa spécificité est pratiquement complète. Dans les cellules et les tissus des vertébrés tout au moins, aucun autre élément minéral ne présente une coloration analogue.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Mode d'action du bismuth dans les trypanosomiases et les spirilloses.* Note [1] de MM. C. LEVADITI et S. NICOLAU, présentée par M. Roux.

Levaditi et Yamanouchi [2] ont montré, en 1908, que l'atoxyl, incapable de détruire les trypanosomes *in vitro*, devient fortement trypanocide lorsqu'on a soin de le mettre en contact, à 37°, avec un extrait hépatique frais. Il se transforme en *trypanoxyl*, lequel n'agit pas sur les races de trypanosomes résistantes à l'arsenic [Levaditi, Brimont et Yamanouchi [3]].

Ces constatations prouvent *que certains médicaments, utilisés dans la thérapeutique des trypanosomiases et des spririlloses, exercent leur action parasiticide après avoir subi des modifications plus ou moins profondes dans l'organisme.*

Nous avons recherché si le bismuth, dont l'effet curatif dans la syphilis a été mis en lumière par Sazerac et Levaditi, se comporte comme l'atoxyl. Voici les résultats de nos essais :

Mélangeons un volume donné d'une solution de tartrobismuthate de sodium et de potassium à 2 pour 100, un volume égal d'extrait de foie de lapin (organe finement trituré, additionné d'eau salée isotonique et centrifugé) et maintenons le mélange pendant 3 à 4 heures à 37°. Une solution du même sel à 1 pour 100 sert de témoin. Ajoutons, à des quantités variables du mélange bismuth + foie et de la solution bismuthique témoin, soit des trypanosomes (Nagana), soit des spirilles (*Sp. Gallinarum.*) Nous constaterons qu'après une heure et demie de séjour à 37°, les parasites sont

(1) Séance du 16 avril 1923.

(2) LEVADITI et YAMANOUCHI, *C. R. de la Société de Biologie*, t. 65, 1908, p. 23; *Annales Pasteur*, t. 23, 1909, p. 604.

(3) LEVADITI, BRIMONT et YAMANOUCHI, *C. R. Soc. Biol.*, t. 65, 1908, p. 25.

d'abord immobilisés, puis tués dans le mélange bismuth + foie, alors qu'ils sont parfaitement mobiles dans la solution bismuthique témoin (l'extrait de foie sans bismuth est inactif).

L'extrait hépatique a donc transformé le sel bismuthique, inactif *in vitro*, en un dérivé fortement parasiticide, agissant à une dilution qui correspond à $\frac{1}{10}$ de milligramme de tartrobismuthate. Ce dérivé prend naissance, non seulement en présence de l'extrait hépatique, mais encore sous l'influence de petits fragments de foie. D'ailleurs, le rein, le poumon, les ganglions mésentériques, les capsules surrénales, l'ovaire, le cerveau, les muscles du lapin, agissent de même, quoique d'une façon inégale. Par contre, le sang total, le sérum sanguin, le blanc et le jaune d'œuf, les levures se montrent inactifs. Le foie de poule, de cobaye, de rat, de cheval, de mouton et de veau se comportent comme le foie de lapin.

Appelons ce dérivé *bismoxyl*.

Ainsi il existe dans les extraits de la plupart des organes un principe qui transforme les sels bismuthiques en *bismoxyl*. Nous ignorons la nature de ce principe transformateur, mais nous savons qu'il est assez résistant à l'action de la chaleur puisque l'extrait hépatique (ou des fragments de foie) chauffés à 100°, continuent à être actifs (leur pouvoir réducteur à l'égard du bleu de méthylène ne disparaît pas après le chauffage).

Le bismoxyl représente, dans la série bismuthique, ce que le trypanotoxyl est dans la série arsenicale, avec cette différence que, tandis que ce dernier n'agit, *in vitro*, que sur les trypanosomes, le bismoxyl détruit à la fois les trypanosomes et les spirilles. *Cette différence met en lumière la supériorité du bismuth sur l'arsenic, en tant qu'agent spirillicide.*

D'autres sels bismuthiques solubles et insolubles donnent naissance au bismoxyl, tels le bismuthotartrate de soude, le citrate de bismuth, l'oxyde hydraté de bismuth, le sous-gallate de bismuth. La quantité de bismoxyl formée dépend de la nature du sel qui entre en jeu. Même le bismuth métallique (à l'état de division fine), mélangé à l'extrait hépatique, donne naissance à des quantités appréciables de dérivé actif. Mais, en général, les sels bismuthiques solubles sont d'un rendement meilleur.

Nature du bismoxyl. — Lorsqu'on fait varier les quantités d'extrait cellulaire en présence d'une quantité constante de sel bismuthique; ou bien quand, au contraire, on change la proportion de ce sel, par rapport à un volume constant d'extrait, on constate que la quantité de bismoxyl formée dépend de la quantité de cet extrait, et non pas de la concentration bismu-

thique du mélange. Au delà d'une dose limite de bismuthl'excès de métal n'augmente pas le rendement en bismoxyl. Tout se passe donc comme si les matières protéiques de l'extrait cellulaire jouaient un rôle prépondérant dans la formation du dérivé parasiticide.

Ce rôle est démontré par les essais suivants : un mélange d'extrait hépatique frais et de sel bismuthique soluble (proportion optima) est conservé à 37° pendant 4 heures. Il blanchit et se trouble progressivement. On constate l'apparition d'un précipité de substances protéiques, dont la formation peut être accélérée par le chauffage à 70°, pendant 15 minutes. Or, l'expérience montre que le pouvoir parasiticide se trouve en entier dans le précipité albuminoïde formé. Ce précipité, isolé par centrifugation et lavé à plusieurs reprises, est aussi spirochéticide que le mélange initial; il conserve ses propriétés au moins pendant 17 jours. Plus encore, si l'on soumet à la dialyse (sacs en collodion) un mélange de foie et de bismuth, on constate que les substances albuminoïdes renfermées dans le dialyseur continuent à être parasiticides, alors que toute trace de bismuth a disparu du dialysat.

L'ensemble de ces données prouve que les matières protéiques des extraits cellulaires entrent dans la constitution du dérivé bismuthique actif, pour former une *toxalbumine bismuthée*, analogue à la *toxabulmine arsenicale* qui naît aux dépens de l'atoxyl [Levaditi (1)]. Mise en présence des spirilles ou des trypanosomes, cette toxalbumine est sans doute absorbée par les parasites et les tue. Les propriétés spirillicides de la toxalbumine bismuthée (bismoxyl) s'atténuent vers 90° et disparaissent après un chauffage à 100° pendant 10 minutes. Ajoutons que la toxalbumine bismuthique, contrairement au trypanotoxyl, agit curativement *in vivo* dans la syphilis expérimentale et humaine.

L'influence exercée par les extraits d'organe sur l'atoxyl (Levaditi et Yamanouchi), sur l'émitique d'antimoine [Levaditi et Knaffl von Lenz (2)] et sur les sels bismutiques (Levaditi et Nicolau), semble montrer qu'il s'agit là d'une loi générale, d'après laquelle les composés spirillicides et tripanocides, quel que soit le métal qui entre dans leur constitution (As, Sb ou Bi), agissent dans l'organisme après avoir subi des transformations pro-

(1) Levaditi, *C. R. Soc. Biol.*, t. 66, 1909, p. 33.

(2) Levaditi et Knaffl-Lenz, *Zeitschr. für Immunitätsforsch*, Originale Bd II, n° 5, 1909, p. 545.

fondes qui leur confère des propriétés nouvelles. Les matières protéiques des cellules paraissent jouer un rôle de premier ordre dans le processus qui préside à ces transformations.

La séance est levée à $3^h 30^m$.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 26 mars 1923.)

Note de M. *Th. Tommasina*, Contribution à la théorie dynamo-cinétique de l'électron et de l'atome :

Page 893, ligne 15, *au lieu de* Poisson, *lire* Poinsot.

(Séance du 9 avril 1923.)

Note de M. *Maurice Lecat*, Généralisation et modifications d'un théorème de Frobenius sur un déterminant troué :

Page 974, ligne 7, *au lieu de* $m > k$, *lire* $m < k$; ligne 14, *au lieu de* complètement, *lire* complémentairement.

(Séance du 16 avril 1923.)

Communication par M. le *Secrétaire perpétuel* d'une dépêche de M. *W. W. Campbell :*

Page 1036, ligne 23, *au lieu de* Sir G. Campbell, *lire* M. W. W. Campbell.

Observations de M. *Mesnager* sur la Communication de M. Vladimir de Belaevsky :

Page 1051, ligne 1, *au lieu de* le minuscule Livre, *lire* le livre.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 30 AVRIL 1923.

PRÉSIDENCE DE M. ALBIN HALLER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les éthers camphométhanoïques-1-éthanoïques-1 symétriques et mixtes et leurs produits de saponification.* Note de MM. **A. Haller** et **L. Palfray**.

Il y a quelques années l'un de nous (¹) a donné la préparation et les principales propriétés d'un éther-sel méthylique de cet acide sous le nom de *carboxyméthylcamphoacétate de méthyle*. Il a réalisé cette préparation en faisant agir l'iodacétate de méthyle sur le camphocarbonate de méthyle sodé au moyen du méthylate de sodium et a assigné au corps obtenu la formule

$$C^8H^{14}\begin{cases} C \begin{cases} CH^2CO^2CH^3 \\ CO^2CH^3 \end{cases} \\ CO \end{cases}$$

Nous avons observé que l'on peut aussi préparer ce composé en sodant le camphocarbonate de méthyle avec l'amidure de sodium et substituant les éthers bromo et chloroacétiques à l'éther iodé. Pour que la réaction s'effectue avec les éthers chloré et bromé, il est toutefois nécessaire de s'adresser à un milieu à point d'ébullition plus élevé que celui du benzène, notamment au toluène ou au xylène. On obtient cependant toujours les meilleurs rendements avec l'éther iodacétique.

Indépendamment de cet éther méthylique, dont nous reproduisons les principales constantes, nous avons préparé par la même méthode quelques autres éthers symétrique et mixtes aux noms suivants :

(¹) A. Haller, *Comptes rendus*, t. 141, 1905, p. 13.

*Camphométhanoate de méthyle-*1	*-éthanoate*	*de méthyle-*1	$E_{19^{mm}}$ 207........	$[\alpha]_D = +65°42'$
» *d'éthyle-*1	»	*d'éthyle-*1	$E_{14^{mm}}$ 199-200....	» 59°43'
» *de méthyle-*1	»	*de phényle-*1	$E_{13^{mm}}$ 233-235, F 83.	» 41°38'
» *de benzyle-*1	»	*de méthyle-*1	$E_{16^{mm}}$ 265-270....	» 46°1'

Saponification de ces éthers. — *Action des alcalis.* — Si l'on opère au bain-marie avec une molécule, deux molécules ou un excès de potasse ou de soude alcooliques, on aboutit toujours à la production, sous la forme de sel alcalin, d'un cétoacide éther-sel dont la formation peut se traduire par l'équation

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix} C\left\langle\begin{matrix}CH^2CO^2R\\CO^2R'\end{matrix}\right. \\ | \\ CO\end{matrix}\right. + KHO = C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix} C\left\langle\begin{matrix}CH^2CO^2K\\CO^2R'\end{matrix}\right. \\ | \\ CO\end{matrix}\right. + ROH.$$

Comme on le verra dans la suite, c'est uniquement la chaîne acétylique qui est atteinte, le groupement méthanoalcoylique résistant à la saponification.

Pour isoler l'acide cétoéther il suffit d'évaporer la liqueur alcaline, redissoudre le résidu dans l'eau, agiter le produit avec de l'éther pour enlever l'éther-sel non saponifié, soutirer la solution aqueuse ainsi lavée et la sursaturer avec de l'acide sulfurique. Il se forme un précipité qu'on recueille et qu'on fait cristalliser dans un solvant approprié.

Le *camphométhanoate d'éthyle* 1, *éthanoate d'éthyle* 1 fournit, dans ces conditions, un acide qui, mis à cristalliser dans un mélange d'éther et de ligroïne, se présente sous la forme de gros cristaux fondant à 117°-118°. Il est très soluble dans l'alcool, l'éther et le benzène et peu soluble dans la ligroïne même bouillante.

Action de l'acide chlorhydrique sur le même éther. — Effectuée à la température du *bain-marie* sur 5g d'éther et 20g d'acide chlorhydrique, la saponification aboutit à la formation du même acide cétoéther fondant à 117°.

Si l'on substitue à l'acide chlorhydrique de l'acide sulfurique à 50 pour 100 les résultats sont identiques. Une seule des fonctions éther-sels est hydrolysée et c'est toujours la même. On obtient, en effet, encore l'acide cétoéther de point de fusion 117°. Il ne peut avoir que la constitution

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix} C\left\langle\begin{matrix}CH^2COOH\\COOC^2H^5\end{matrix}\right. \\ | \\ CO\end{matrix}\right. .$$
(I).

*C'est l'acide camphométhanoate d'éthyle-*1*-acétique-*1.

Saponification de l'éther diméthylé. — C'est le corps même sur lequel l'un de nous a opéré jadis. Si l'on soumet ce composé, dans les mêmes conditions, à la série des traitements subis par son homologue supérieur, on obtient toujours l'acide cétoéther de formule

$$C^8H^{14}\begin{cases} \overset{}{C}\begin{cases} CH^2COOH \\ COOCH^3 \end{cases} \\ CO \end{cases}.$$

(II).

*Cet acide camphométhanoate de méthyle-*1*-éthanoïque-*1, après purification et cristallisation dans l'éther, constitue des cristaux blancs de point de fusion 177°-178°. Ces cristaux ont été identifiés avec ceux décrits par l'un de nous comme de l'acide camphoacétique.

Saponification du camphométhanoate de méthyle 1, *éthanoate de phényle* 1. — Préparé par l'action du iodacétate de phényle sur le camphocarbonate de méthyle sodé, cet éther mixte possède la constitution

$$C^8H^{14}\begin{cases} C\begin{cases} CH^2CO^2C^6H^5 \\ CO^2CH^3 \end{cases} \\ CO \end{cases}.$$

En raison même de cette constitution, on doit obtenir, si la saponification se réalise, le même acide que celui isolé parmi les produits de l'hydrolyse de l'éther diméthylique. En effet, la soude alcoolique dédouble ce corps en phénol et en l'acide fondant à 177°. Nous sommes donc autorisés à attribuer à cet acide cétoéther méthylique, la formule (II), que nous avons préconisée.

Saponification du camphométhanoate de benzyle 1, *éthanoate de méthyle* 1

$$C^8H^{14}\begin{cases} C\begin{cases} CH^2COOCH^3 \\ CO^2CH^2C^6H^5 \end{cases} \\ CO \end{cases}.$$

Soumis à la même épreuve alcaline que ses analogues, cet éther mixte a encore donné un acide cétoéther dans lequel le radical benzyle n'a pas été éliminé. Ce composé constitue une huile incristallisable et fournit à l'analyse des nombres conduisant à la formule

$$C^8H^{14}\begin{cases} C\begin{cases} CH^2COOH \\ COOCH^2C^6H^5 \end{cases} \\ CO \end{cases}.$$

Acide camphométhanoate de benzyle-1-éthanoïque.

Remarquons que les traitements auxquels ont été soumis nos éthers-sels neutres n'ont pas plus abouti à la formation de l'acide bibasique (III) qu'à celle de l'acide camphoacétique (IV);

$$C^8H^{14}\left\langle \begin{array}{l} C \left\langle \begin{array}{l} CH^2COOH \\ CO^2H \end{array} \right. \\ | \\ CO \end{array} \right. \quad (III), \qquad C^8H^{14}\left\langle \begin{array}{l} CH\,CH^2CO^2H \\ | \\ CO \end{array} \right. \quad (IV).$$

Nous avons cependant réussi à préparer ce dernier corps. On chauffe, à cet effet, en tube scellé, à une température de 180°-190°, et en plusieurs étapes, soit du camphométhanoate de méthyle 1, éthanoate de méthyle 1, soit l'acide cétoéther fondant à 177°, avec un excès d'acide chlorhydrique concentré, pendant dix heures environ. A l'ouverture du tube on constate une forte pression, due à du chlorure de méthyle et à de l'acide carbonique. Après un traitement méthodique on isole une huile cristallisant spontanément. On étend le produit sur plaques poreuses et on le purifie par une série de cristallisations dans le mélange d'éther et d'éther de pétrole. Observons qu'il est très difficile à obtenir exempt de l'acide cétoéther. Pour enlever les dernières traces d'impuretés il est parfois nécessaire de soumettre l'acide à un dernier traitement à l'acide chlorhydrique.

L'acide camphoacétique

$$C^8H^{14}\left\langle \begin{array}{l} CH\,CH^2CO^2H \\ | \\ CO \end{array} \right.$$

constitue de beaux cristaux fondant à 84°-85°.

Son pouvoir rotatoire spécifique dans l'alcool absolu $[\alpha]_D = +72°35'$.

Ses sels alcalins ne précipitent ni les sels de baryum, ni les sels d'argent, ni les sels de zinc.

Conclusion. — Nos recherches ont montré :

1° Que la saponification par les alcalis ou les acides minéraux (HCl, SO^4H^2) des éthers symétriques ou mixtes de l'acide camphométhanoïque-1-éthanoïque-1 donne naissance à des cétoacides-éthers-sels de la forme

$$C^8H^{14}\left\langle \begin{array}{l} C \left\langle \begin{array}{l} CH^2CO\,OH \\ CO^2R \end{array} \right. \\ | \\ CO \end{array} \right.$$

Acide camphométhanoate d'alcoyle éthanoïque.

à la condition que la température à laquelle on opère ne dépasse pas 150°;

2° Que telle est bien la constitution des acides cétoéthers obtenus, puis-

qu'en saponifiant les camphométhanoate 1, éthanoate de méthyle 1 et camphométhanoate de méthyle 1, éthanoate de phényle 1, on obtient le même acide-éther fondant à 177°-178°.

3° Que l'action de l'acide chlorhydrique sous pression et à une température située entre 180°-190° sur ces mêmes éthers neutres ou acides a pour effet, non seulement de déterminer la saponification totale, mais encore d'éliminer le groupement méthanoïque en donnant naissance au véritable acide *camphoacétique* fondant à 84°-85°.

De l'ensemble des faits observés il ressort que la fixation sur le même atome de carbone du camphre du groupement CO^2R et du reste $—CH^2COOH$ confère au premier une résistance singulière à la saponification.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Rôle du facteur* terrain *dans l'évolution de la tuberculose expérimentale chez le lapin et chez le cobaye.* Note de MM. **A. Calmette**, **A. Boquet** et **L. Nègre.**

On sait que la plupart des médecins attribuent aux variations de résistance individuelle ou, pour parler le langage médical, au facteur *terrain*, un rôle prépondérant dans l'infection tuberculeuse.

Personne ne songe à contester que le bacille de Koch, comme tous les germes pathogènes, trouve dans certains organismes des conditions plus ou moins favorables à son développement. Les jeunes enfants par exemple, surtout dans les deux premières années qui suivent leur naissance, sont beaucoup plus sensibles que les adultes; et chez les uns comme chez les autres, la bénignité ou la gravité d'une infection accidentelle est commandée par l'état, normal ou pathologique, des organes naturels de protection ou de défense.

Mais, dans tous les cas où il s'agit d'une infection primitive, c'est-à-dire d'une première infection chez un sujet jusqu'alors vierge de toute contamination par le bacille tuberculeux, les facteurs essentiels de gravité de la maladie sont le *nombre* et la *virulence* des bacilles introduits à un même moment et par une même voie dans l'organisme. Les variations individuelles de résistance ne s'observent plus si l'infection est réalisée dans des conditions identiques chez des animaux de même espèce, de même âge, à peu près de même poids et soumis à la même alimentation.

C'est ce que montrent les expériences que nous poursuivons depuis plusieurs années sur la tuberculose expérimentale du lapin et du cobaye.

Pour toutes ces expériences nous avons utilisé la même culture, étiquetée dans nos collections sous le nom de *Bovine Vallée*, dont la virulence se maintient avec une régularité parfaite. Les émulsions sont préparées avec un poids déterminé de culture (poids à l'état frais après essorage sur papier buvard stérile) dans des matras stériles contenant des perles de verre et dans l'eau physiologique. Elles sont assez homogènes pour que le nombre des bacilles contenus dans 1^{cm^3} soit sensiblement constant et corresponde à environ 40 millions de bacilles par milligramme de culture essorée.

Les lapins, du poids d'environ 2^{kg}, inoculés par voie intraveineuse avec $0^{mg},01$ de culture, soit 400000 bacilles, meurent avec des lésions de tuberculose généralisée dans un délai moyen de 70 jours. Les écarts extrêmes observés en deçà et au delà de ce délai sont de — 12 et + 27 jours.

Les inoculations faites, dans des conditions identiques, avec $0^{mg},002$, soit 80000 bacilles, succombent dans un délai moyen de 90 jours avec des écarts extrêmes de — 25 et + 35 jours.

Avec $0^{mg},001$, soit 40000 bacilles, le délai moyen est de 105 jours, avec des écarts extrêmes de — 25 et + 20 jours.

La durée moyenne de l'évolution de la maladie expérimentale chez le lapin est donc inversement proportionnelle à la quantité de bacilles inoculée, provenant d'une même culture.

Chez le cobaye, les inoculations ont été faites tantôt par voie sous-cutanée, tantôt par simple instillation oculaire, suivant la technique indiquée par l'un de nous, avec C. Guérin en 1913, et qui réalise avec une constance remarquable une infection, d'abord ganglionnaire de la chaîne cervicale antérieure, secondairement généralisée.

Les cobayes inoculés sous la peau de la face interne de la cuisse avec 40 millions de bacilles (1^{mg}) meurent de tuberculose généralisée dans le délai moyen de 45 jours, avec des écarts extrêmes de 10 jours.

Avec 400000 bacilles seulement, le délai moyen de survie est de 70 jours, avec des écarts de — 25 et + 30 jours.

Avec 80000 bacilles, le délai moyen de survie est sensiblement le même : 75 jours avec des écarts de — 15 et + 30 jours.

L'instillation oculaire de 40 millions de bacilles provoque la mort par tuberculose généralisée en 90 jours (écarts extrêmes — 20 et + 25 jours).

L'instillation de 400000 bacilles tue en 92 jours (écarts — 20 et + 30 jours).

Enfin l'instillation de 40000 bacilles seulement produit la mort par tuberculose généralisée en 108 jours (écarts — 32 et + 45 jours).

Il semble donc que, par l'instillation, une partie seulement des bacilles puisse être absorbée par les lymphatiques de la conjonctive, de sorte que les variations de doses n'influencent la durée de la maladie que dans de faibles limites. Par contre, l'inoculation sous-cutanée entraîne une évolution d'autant plus rapide que la dose de bacilles injectée est plus considérable.

Pour les lapins, comme pour les cobayes, il importe de signaler que les animaux tuberculeux meurent fréquemment de maladies intercurrentes, surtout de pasteurellose, avant la généralisation de l'infection tuberculeuse. Leur sensibilité particulière aux maladies diverses qu'ils sont exposés à contracter dans les cages est exacerbée par le froid. Elle rend très difficile la conservation prolongée des animaux d'épreuve.

De nos expériences, qui portent sur de nombreux animaux, nous devons donc conclure qu'en ce qui concerne le lapin et le cobaye, dont la réceptivité à l'égard des tuberculoses expérimentales est si remarquablement constante, la durée d'évolution de la maladie, toutes autres conditions étant égales d'ailleurs (poids, virulence de la culture inoculée), est fonction de la quantité de bacilles introduite en une seule fois dans l'organisme jusqu'alors vierge de toute infection tuberculeuse antérieure.

Le facteur *terrain* n'intervient en aucune manière pour modifier cette durée d'évolution de la maladie produite par l'absorption d'un nombre déterminé de bacilles.

M. **H. Douvillé** présente à l'Académie, de la part de son auteur, M. **D. Zalessky**, un magnifique atlas de 63 planches, grand in-4°, consacré à la *Flore paléozoïque de la série d'Angara* et publié en 1918 dans la nouvelle série des *Mémoires du Comité géologique* de Russie (livraison 174).

Le faux-titre de l'Ouvrage porte que c'est un « Hommage à la mémoire du grand maître et ami **Charles-René Zeiller** »; et le frontispice reproduit une grande et très belle photographie de notre regretté confrère.

Ces planches sont accompagnées d'une double explication en russe et en français; l'auteur ajoute que « lorsque les circonstances se montreront plus favorables au travail calme, il fera paraître une description détaillée et une étude critique des végétaux figurés ».

Les planches, exécutées d'une manière remarquable, reproduisent les matériaux provenant des nombreux gisements du continent Angara de Suess : Tarbagatoï russe, Mongolie, Tongouska inférieure et supérieure,

dépôts houillers de Minoussinsk et des steppes Kirghises, bassin de Kousnetzk. Les analogies de ces formations avec celles du Gondwana étaient bien connues; Suess pensait que ces deux continents étaient séparés par la mer et que la flore s'était développée parallèlement dans chacun d'eux. Pour M. Zalessky, les deux continents étaient réunis à l'époque paléozoïque et la séparation ne s'est effectuée que vers le début du Mésozoïque.

NOMINATIONS.

M. **Kœnigs** représentera l'Académie avec M. **Laubeuf**, déjà désigné, au 75e anniversaire de la fondation de la Société des Ingénieurs civils.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

A. Souleyre. *Les oscillations océaniques et les oscillations climatiques dans le passé et dans le présent. Le rythme de contraction du Soleil.* (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les singularités des fonctions harmoniques.* Note de M. **Georges Bouligand.**

Dans une Note récente (¹) et à la suite d'une Communication de M. Émile Picard (²), j'ai donné une méthode pour étudier une fonction harmonique et uniforme autour d'un point singulier isolé. Je l'avais appliquée antérieurement à l'étude d'une fonction harmonique dans un domaine infini à branches cylindriques ou coniques et nulle sur sa frontière (³) (problème qui englobe l'étude d'une fonction harmonique à l'extérieur d'une sphère,

(¹) *Comptes rendus,* 16 avril 1923.
(²) *Comptes rendus,* 3 avril 1923; voir aussi la séance du 16 avril.
(³) *Comptes rendus,* 21 février 1921.

sans condition spéciale sur la sphère). Tous ces cas conduisent à une équation du type (3) de la Note précédente ([1]), à noyau $g(m, p)$ positif, symétrique, indépendant de ρ, et à domaine d'extension indépendant de ρ. Sa théorie est la limite de celle de systèmes différentiels linéaires, à coefficients constants, du type (5), et l'étude des singularités se ramène aux propriétés asymptotiques des mouvements définis par ces systèmes. On rattache ainsi à une même source le *principe des singularités positives* de M. Picard et et l'énoncé suivant, ou *principe des singularités élémentaires :*

Il existe un ensemble énumérable de solutions, uniformes et harmoniques aux environs de la singularité, se distinguant entre elles par leur rapidité de croissance en fonction de ρ, qui s'accentue avec le numéro d'ordre, cette accentuation allant de pair avec des changements de signe de plus en plus fréquents sur les surfaces $\rho =$ const. Ces solutions, appelées singularités élémentaires, *permettent d'exprimer linéairement les autres* (sous réserve de leur uniformité aux environs de la singularité) *à l'aide d'un développement absolument et uniformément convergent.*

Le principe des singularités élémentaires est précisé par le suivant, ou *principe d'indétermination restreinte :*

La partie singulière de la solution résulte par composition linéaire d'un nombre fini h de singularités élémentaires, dès qu'on soumet cette solution, aux environs de la singularité, à une condition d'inégalité exprimable sous la forme

$$|V < M e^{|k\rho|}.$$

L'entier h est une fonction croissante de k; lorsque k traverse une des valeurs caractéristiques, h s'accroît d'autant d'unités que cette valeur fait naître de fonctions fondamentales distinctes. Cette propriété est intimement liée à la séparation des croissances élémentaires, conséquence de l'isolement des valeurs caractéristiques. Ainsi se reflètent dans cette étude les caractères essentiels de la théorie de Fredholm.

Soit V une solution de l'équation (3), correspondant à une combinaison linéaire, en termes finis, de singularités élémentaires. Lorsque $|\rho|$ tend vers l'infini, le rapport des valeurs de V, pour une même valeur de ρ et deux points du domaine d'extension tend vers une limite finie et non nulle, sauf si l'on prend l'un au moins de ces points sur certaines lignes nodales. Cette comparabilité des croissances dans l'ensemble du domaine d'extension n'est plus vraie pour des singularités quelconques : et de fait, en géo-

([1]) *Loc. cit.*

métrie à deux dimensions, ces dernières se présenteraient sous forme de partie réelle de singularités essentielles d'une fonction $f(z)$.

A la séparation des croissances élémentaires s'oppose la *fusion* de ces croissances. J'ai signalé cette circonstance dans ce recueil (21 février 1921) pour les solutions de $\Delta U = \omega^2 U$, analytiques dans un domaine à branches infinies coniques et nulles sur sa frontière. La séparation réapparaît pour $\omega = 0$, ou même quel que soit ω, si la branche est cylindrique. Il importe de préciser le sens du terme *fusion :* il indique que toute singularité élémentaire possède ici une croissance intermédiaire entre celles de $e^{(\omega-\varepsilon)r}$ et $e^{(\omega+\varepsilon)r}$, le nombre positif ε étant arbitrairement petit, et r désignant la distance du point d'évaluation de U au sommet du cône; en employant une terminologie dont M. Picard a fait usage dans son *Traité d'analyse* ([1]), toutes ces fonctions ont même *nombre caractéristique* ω ([2]).

Ces considérations sont importantes : elles mettent en garde contre des généralisations hâtives, lorsqu'on étudie, même en s'en tenant aux fonctions harmoniques proprement dites, les singularités à l'infini ou aux frontières.

GÉOMÉTRIE. — *Les réseaux.*

Note de M. **A. Sainte-Laguë**, présentée par Émile Borel.

La présente Note contient les principales propriétés des réseaux, ce mot désignant un ensemble de points du plan ou de l'espace dont certains sont joints par des chemins de forme arbitraire, le seul point essentiel étant de savoir pour deux sommets donnés s'il sont ou non joints par un chemin. Deux réseaux sont donc identiques si on peut les faire correspondre chemin à chemin et sommet à sommet.

Cette étude, que nous avons commencée il y aura bientôt vingt ans, a été jusqu'ici peu poussée en France comme à l'étranger (où au lieu du mot réseau on emploie parfois celui de graphe). Nous nous bornerons, dans ce qui suit, à indiquer quelques résultats pris parmi les plus caractéristiques en laissant de côté l'examen souvent facile des singularités (chemins multiples, boucles, impasses, isthmes, articulations, etc.); il ne s'agira que de

([1]) Tome 3, Chap. XIV, I, page 382 de la deuxième édition.

([2]) Il en résulte la même propriété pour les combinaisons en termes finis de ces fonctions, mais non pour celles qui naissent d'un développement infini. Cette remarque explique pourquoi on rencontre des solutions de $\Delta U = \omega^2 U$, qui au moins dans une direction, ont un nombre caractéristique arbitrairement grand.

réseaux normaux, c'est-à-dire finis et d'un seul tenant. Si l'on répartit les sommets en catégories telles que deux sommets d'une même catégorie ne soient pas reliés par un chemin, le nombre minimum de ces catégories constitue le genre du réseau. Une répartition analogue pour les chemins donnera la classe du réseau. Disons encore que lorsque le nombre des chemins aboutissant à chaque sommet est le même, le réseau est dit uniforme et ce nombre constant est le degré du réseau.

Réseaux réguliers. — Un réseau est dit régulier s'il est identifiable avec le réseau formé par des côtés ou des diagonales d'un polygone régulier, ces côtés et diagonales étant choisis de façon que la rotation qui fait coïncider un sommet avec le suivant fasse coïncider le réseau avec lui-même. L'étude du cas où le réseau contient tous les côtés et toutes les diagonales ne présente pas de difficultés particulières. Dans le cas général, on a des propriétés telles que les suivantes : *Il existe au moins un circuit, c'est-à-dire un ensemble fermé de chemins consécutifs, qui passe une fois et une seule par chaque sommet; la classe d'un réseau régulier de degré p est p si le nombre des sommets est pair, sinon* $p+1$. L'étude du genre des réseaux réguliers est plus complexe et conduit à des résultats moins simples. Pour certaines propriétés particulières, nous avons fait un examen empirique des 88 réseaux qui ont au plus 12 sommets.

Réseaux réguliers et semi-congruences. — On se rendra compte aisément que deux réseaux réguliers donnant des schémas polygonaux en apparence distincts peuvent être identiques, cette identification pouvant se faire de façon irrégulière ou régulière; dans ce dernier cas, on fait correspondre aux numéros des sommets consécutifs de l'un des polygones les sommets de l'autre comptés de p en p.

L'étude de cette question conduit d'abord à traiter le problème suivant, que nous avons complètement résolu : *Un cercle étant divisé en parties égales par m points, quel est le nombre* T_m^p *des polygones convexes ayant pour sommets p de ces points, deux polygones distincts ne pouvant pas coïncider par rotation autour du centre.* Le calcul de T_m^p, qui fait intervenir les facteurs premiers de m et p, n'utilise que des nombres de combinaisons.

Il nous a fallu ensuite introduire la notion de *semi-congruence*, deux nombres étant semi-congrus par rapport à un module n si leurs restes de division par n sont égaux ou ont n comme somme. Cette étude présente de curieuses analogies avec celle des congruences, mais aussi il y a bien des différences. En posant $\varphi(n) = 2m$, on appelle racine semi-primitive de n tout nombre tel que ses m premières puissances ne soient jamais deux à deux semi-congrues. On a, par exemple, le théorème suivants : *Si n comprend* 3

ou plus de 3 facteurs premiers impairs différents ou encore 2 facteurs distincts dont l'un est 2, tout en étant au moins divisible par 4, il n'a pas de racine semi-primitive. D'autres théorèmes concernent l'existence de racines semi-primitives pour les nombres 2^α, 3^α, a^α, $3a^\alpha$, $4a^\alpha$, $8a^\alpha$ (a premier), les nombres $2n$ ou nn', etc. Les critériums donnés par les théorèmes qui précèdent ne suffisent pas toujours pour que l'on sache si un nombre admet ou non des racines semi-primitives. Nous avons d'autre part examiné, à ce point de vue, les 200 premières valeurs de n.

Correspondance des réseaux réguliers. — Ces diverses propriétés permettent l'étude des correspondances régulières, grâce au théorème suivant : *A tout réseau régulier on peut faire correspondre un polygone régulier, de façon qu'à chaque réseau corresponde un polygone et un seul.* On en déduit, en fonction des nombres T_m^p, le nombre des réseaux ayant n sommets, lorsque n est premier ou admet une racine semi-primitive. On n'a pas des résultats aussi simples dans le cas général.

Réseaux biparties. — Ce sont des réseaux de genre 2. Ils ont un grand nombre de propriétés que nous ne pouvons énumérer ici. En voici deux seulement à titre d'exemple : *Tout circuit de réseau bipartie admet un nombre pair de côtés;* ce théorème a une réciproque : *Si tout sommet d'un réseau bipartie est un point triple (point de degré 3), ce réseau n'a pas d'isthme.* Certaines propriétés des réseaux biparties les rapprochent des carrés latins. L'étude des réseaux biparties à points triples est importante, car elle se rattache au coloriage des cartes. Nous avons complété cette étude théorique par une étude empirique des 105 réseaux qui ont au plus 10 sommets et des 58 réseaux à points triples qui ont au plus 16 sommets.

Réseaux biparties et tissus. — A tout réseau bipartie uniforme on peut associer un tissu, c'est-à-dire un tableau rectangulaire dont certaines cases contiennent des croix, le nombre des croix étant le même dans chaque ligne d'une part et dans chaque colonne d'autre part. Ceci permet d'établir l'important théorème qui suit : *Un réseau bipartie uniforme de degré p est de classe p.* L'étude des tissus correspond encore à celle de déterminants ayant tous leurs éléments nuls, à l'exception de certains qui sont égaux à 1.

Réseaux géographiques. — On peut appeler aussi des réseaux identifiables avec des réseaux plans dont les chemins ne se recoupent jamais deux à deux. Il est facile de ramener l'étude de tels réseaux à celle du coloriage de cartes planes et réciproquement. Nous avons étudié de façon à peu près complète le cas des réseaux qui correspondent aux cartes coloriables en deux ou trois couleurs.

L'étude du cas général se ramène à celle de réseaux géographiques à points

triples pour laquelle nous avons donné des remarques nouvelles sur le théorème de Petersen, d'après lequel les chemins d'un tel réseau peuvent être répartis en deux catégories de façon qu'à chaque sommet aboutisse un chemin de la première catégorie et un seul. Sans pouvoir malheureusement donner une démonstration du théorème (peut-être inexact!) d'après lequel une carte est coloriable avec quatre couleurs au plus, nous avons établi diverses propriétés de ces cartes et des réseaux correspondants. En particulier nous avons examiné de près le cas du réseau hypothétique qui, ayant le nombre minimum de sommets, mettrait en défaut le théorème des quatre couleurs.

MÉCANIQUE. — *Sur le champ gravitationnel de n corps.* Note de M. **J. Haag.**

Je demande la permission de revenir sur l'erreur de principe que j'avais cru devoir signaler dans une récente Note [1], car je crains de ne pas avoir été suffisamment clair, puisque M. Levinson vient de reprendre la question [2], avec une opinion diamétralement opposée à la mienne.

« Le champ gravitationnel, écrit-il, dépend évidemment de tous les corps présents, excepté un, celui dont nous considérons le mouvement. »

J'avoue ne pas concevoir comment il peut se faire que le ds^2 ne dépende pas d'un certain corps, *sous prétexte qu'on en considère le mouvement*. La seule raison admissible est que la masse de ce corps est infiniment petite, ainsi qu'on le suppose d'ailleurs quand on démontre que sa ligne d'Univers est une géodésique.

Il y a, au surplus, d'autres points qui me paraissent obscurs dans la méthode de M. Levinson.

Pour résoudre le problème des deux corps, il suppose [3] qu'on a exprimé le ds^2 du champ produit par un seul point P, de masse m et de coordonnées d'univers v_1, v_2, v_3, v_4, sous la forme

$$ds^2 = \sum\sum f_{\mu\nu}(u_1, u_2, u_3, u_4; v_1, v_2, v_3, v_4, m)\, du_\mu du_\nu. \tag{1}$$

Ce ds^2 dépend seulement des quatre variables indépendantes u_i, parce que les v_i sont, dit-il, des fonctions des u_i. J'avoue une nouvelle fois ne pas

(1) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 826.
(2) *Loc cit.*, p. 981.
(3) *Loc. cit.*, p. 235.

comprendre. J'aurais plutôt pensé que les v_i jouassent le rôle de paramètres arbitraires, indépendants des u_i.

Quoi qu'il en soit, M. Levinson déduit de la formule (1) les deux formes du ds^2 :

$$(2) \qquad ds^2 = \sum\sum f_{\mu\nu}(x_1, x_2, x_3, x_4; y_1, y_2, y_3, y_4, m_2)\, dx_\mu\, dx_\nu,$$

$$(3) \qquad ds^2 = \sum\sum f_{\mu\nu}(y_1, y_2, y_3, y_4; x_1, x_2, x_3, x_4, m_1)\, dy_\mu\, dy_\nu,$$

suivant que l'on considère le champ comme produit par le corps M_2, de masse m_2 et de coordonnées y_i ou par le corps M_1, de masse m_1 et de coordonnées x_i.

Il admet, bien entendu, chaque fois, que l'autre corps n'a aucune influence. Il dit ensuite que *chacun de ces ds^2 donnera quatre équations différentielles du mouvement*. C'est exact, à condition d'introduire chaque fois l'arc de géodésique comme nouvelle variable. Sinon il n'y a, en réalité, que trois équations. On aura donc, en tout, *six équations et non pas huit*, entre les huit variables x_1, x_2, x_3, x_4, y_1, y_2, y_3, y_4 et je vois de moins en moins comment on arrivera à exprimer les y_i en fonction des x_i ou inversement.

D'ailleurs, en admettant que cela soit possible, il me resterait une dernière difficulté. En remplaçant les y_i en fonction des x_i dans (2), puis les x_i en fonction des y_i dans (3), obtiendra-t-on le même ds^2?

Je crois que la véritable manière de poser rigoureusement le problème des n corps est celle qui a été envisagée par M. Darmois [1]. Mais, comme le dit ce géomètre, la question paraît fort difficile, même dans le cas de deux corps.

Si l'on se contente d'une solution approchée, cela devient beaucoup plus simple, quoique les calculs soient encore fort pénibles [2].

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Sur le théorème de la moindre contrainte de Gauss.* Note [3] de M. **Louis Roy**, présentée par M. G. Kœnigs.

Considérons un système à liaisons sans frottement; soient $M(x, y, z)$ la position, à l'instant t, d'un point quelconque de masse m soumis à la force

(1) *Comptes rendus*, t. **176**, 1923, p. 733.

(2) Cf. de Sitter, *Monthly Notices*, décembre 1916, p. 155.

(3) Séance du 23 avril 1923.

directement appliquée (X, Y, Z), $M_1(x_1, y_1, z_1)$ la position du point à l'instant $t + dt$ et $M_2(x_2, y_2, z_2)$ celle qu'occuperait le point au même instant si, dt étant positif, les liaisons étaient brusquement supprimées à partir de l'instant t. On sait que « Gauss a fait connaître, dans le tome 4 du *Journal de Crelle*, un beau théorème qui comprend à la fois les lois générales de l'équilibre et du mouvement, et semble l'expression la plus générale et la plus élégante qu'on soit parvenu à leur donner » [1]. D'après ce théorème, la quantité $\Sigma m \overline{M_1 M_2}^2$, appelée par Gauss *contrainte*, serait minima dans le mouvement réel du système, en ce sens que si $\overline{M_1 M_1'}$ est un déplacement virtuel du point considéré, compatible avec les liaisons telles qu'elles sont à l'instant $t + dt$, on aurait

$$(1) \qquad \Sigma m \overline{M_1 M_2}^2 < \Sigma m \overline{M_1' M_2}^2.$$

La présente Note a pour but de montrer l'inexactitude de cette inégalité; l'énoncé de Gauss ne saurait donc être conservé, mais nous établirons une inégalité analogue à la précédente et susceptible de la remplacer.

On a tout d'abord

$$x_1 = x + x'\,dt + \frac{x''}{2}\,dt^2 + \frac{x'''}{6}\,dt^3 + \ldots, \qquad x_2 = x + x'\,dt + \frac{X}{2m}\,dt^2 + \frac{X'}{6m}\,dt^3 + \ldots,$$

d'où l'on conclut que la projection de $\overline{M_1 M_2}$ sur Ox est

$$(2) \qquad \frac{1}{2}\left(\frac{X}{m} - x''\right)dt^2 + \frac{1}{6}\left(\frac{X'}{m} - x'''\right)dt^3 + \ldots,$$

l'ensemble des termes non écrits étant de l'ordre de dt^4. Comme d'ailleurs

$$\frac{X_1}{m} - x_1'' = \frac{X}{m} - x'' + \left(\frac{X'}{m} - x'''\right)dt + \ldots,$$

le premier membre étant relatif au point M_1, c'est-à-dire à l'instant $t + dt$, l'expression (2) s'écrit encore

$$(3) \qquad \frac{1}{2}\left(\frac{X_1}{m} - x_1''\right)dt^2 - \frac{1}{3}\left(\frac{X'}{m} - x'''\right)dt^3 + \ldots.$$

Soient alors $\delta(x_1, y_1, z_1)$ les composantes d'un déplacement virtuel $M_1 M_1$ compatible avec les liaisons telles qu'elles sont à l'instant $t + dt$,

---

[1] J. Bertrand, *Œuvres de Lagrange*, t. 12 Note VIII, p. 366.

α l'angle $M'_1 M_1 M_2$; on a, d'après (3),

$$(4) \qquad 2\Sigma m \overline{M_1 M_2}\, \overline{M_1 M'_1} \cos\alpha = a\, dt^2 + b\, dt^3,$$

avec

$$(5) \qquad \begin{cases} a = \Sigma[(X_1 - m x''_1)\,\delta x_1 + (Y_1 - m y''_1)\,\delta y_1 + (Z_1 + m z''_1)\,\delta z_1], \\ b = -\frac{2}{3}\sum[(X' - m x''' + \ldots)\,\delta x_1 + (Y' - m y''' + \ldots)\,\delta y_1 \\ \qquad\qquad + (Z' - m z''' + \ldots)\,\delta z_1], \end{cases}$$

l'ensemble des termes non écrits dans chaque parenthèse étant de l'ordre de dt. D'après le théorème de d'Alembert, a est nul pour les déplacements virtuels d'égalité, nul ou négatif pour les déplacements virtuels d'inégalité.

Cela posé, le triangle $M'_1 M_1 M_2$ fournit la relation

$$\overline{M'_1 M_2}^2 = \overline{M_1 M_2}^2 + \overline{M_1 M'_1}^2 - 2\overline{M_1 M_2}\, \overline{M_1 M'_1} \cos\alpha,$$

d'où, d'après (4),

$$\Sigma m \overline{M'_1 M_2}^2 = \Sigma m \overline{M_1 M_2}^2 + \Sigma m \overline{M_1 M'_1}^2 - a\, dt^2 - b\, dt^3.$$

D'après (5), a et b sont des infiniment petits de l'ordre des $\overline{M_1 M'_1}$; si donc les $\overline{M_1 M'_1}$ et dt étaient du même ordre de petitesse, la quantité $\Sigma m \overline{M_1 M'_1}^2$ donnerait son signe à l'ensemble des trois derniers termes et l'inégalité (1) aurait toujours le sens indiqué. Mais les $\overline{M_1 M'_1}$ et dt étant des infiniment petits indépendants, la conclusion précédente ne saurait être maintenue. Considérons, en effet, un déplacement virtuel d'égalité pour lequel b soit positif, ce qui est possible puisque, d'après (5), b change de signe quand on renverse le sens des $\overline{M_1 M'_1}$; a est nul et, b étant de l'ordre des $\overline{M_1 M'_1}$, la quantité $\Sigma m \overline{M_1 M'_1}^2 - b\, dt^3$ devient négative dès que les $\overline{M_1 M'_1}$ sont suffisamment petits. On voit que le sens de l'inégalité (1) est alors inversé.

Pour obtenir une inégalité analogue à (1), mais toujours vraie, considérons le vecteur $\overline{MA}$ de composantes

$$\left(\frac{X}{m} - x''\right)\delta t^2, \quad \left(\frac{Y}{m} - y''\right)\delta t^2, \quad \left(\frac{Z}{m} - z''\right)\delta t^2,$$

δt étant un temps infiniment petit introduit dans un simple but d'homogénéité, pour que $\overline{MA}$ représente une longueur, et soient $\delta(x, y, z)$ les composantes d'un déplacement virtuel $\overline{MM'}$ compatible avec les liaisons

telles qu'elles sont à l'instant t et faisant un angle β avec $\overline{\mathrm{MA}}$. On a, d'après le théorème de d'Alembert,

$$\sum m \overline{\mathrm{MA}}\,\overline{\mathrm{MM}'}\cos\beta \gtreqqless 0$$

et la considération du triangle MM′A conduit immédiatement, et dans tous les cas, à l'inégalité

$$(6) \qquad \sum m \overline{\mathrm{MA}}^2 < \sum m \overline{\mathrm{M}'\mathrm{A}}^2,$$

qui remplace l'inégalité (1) reconnue inexacte et qui fournit un énoncé géométrique analogue à celui de Gauss. On a, d'ailleurs,

$$\sum m \overline{\mathrm{M}'\mathrm{A}}^2 = \delta t^4 \sum m \left[\left(\frac{\mathrm{X}}{m} - \xi''\right)^2 + \left(\frac{\mathrm{Y}}{m} - \eta''\right)^2 + \left(\frac{\mathrm{Z}}{m} - \zeta''\right)^2\right],$$

en posant

$$\xi'' = x'' - \frac{\delta x}{\delta t^2}, \qquad \eta'' = y'' - \frac{\delta y}{\delta t^2}, \qquad \zeta'' = z'' - \frac{\delta z}{\delta t^2};$$

l'inégalité (6) exprime donc que l'expression

$$\sum m \left[\left(\frac{\mathrm{X}}{m} - \xi''\right)^2 + \left(\frac{\mathrm{Y}}{m} - \eta''\right)^2 + \left(\frac{\mathrm{Z}}{m} - \zeta''\right)^2\right],$$

où l'on regarde les accélérations (ξ'', η'', ζ'') comme seules variables, est minima quand ces accélérations ont les valeurs (x'', y'', z'') correspondant au mouvement réel du système. Nous retrouvons ainsi la propriété analytique de minimum bien connue.

HYDRODYNAMIQUE. — *Remarque sur la Note « Circulation superficielle » de M. P. Noaillon* (¹). Note de M. U. **Cisotti**, présentée par M. Hadamard.

J'ai envisagé, il y a longtemps, un résultat qui contient bien le théorème de M. Noaillon et qu'on peut ainsi énoncer : *Lorsqu'un solide se meut avec une vitesse (vecteur) constante dans un fluide parfait, indéfini, primitivement au repos et libre de forces, la résultante des pressions est nulle et l'action du fluide sur le solide se réduit à un couple qui annule la composante suivant la direction du mouvement* (²). Cette proposition subsiste :

(¹) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1057.

(²) Cisotti, *Sul moto di un solido in un canale* (*Rend. del Circ. Mat. di Palermo*, t. 28, 1909, p. 307); *Sul moto permanente di un solido in un fluido indefinito* (*Att. del R. Istituto Veneto*, t. 69, 1909, p. 427).

a) quelle que soit la nature du fluide, même compressible ou non;

b) quel que soit le mouvement du fluide, même rotationnel ou non.

Elle contient donc le résultat de M. Noaillon et même le complément de M. Vergnes, annoncé dans la remarque de M. Hadamard.

Dans les mémoires cités, en utilisant les transformations en intégrales de volume, je me suis placé dans des hypothèses plus générales encore : soit d'un mouvement permanent quelconque du solide et soit d'un fluide limité par des parois ou des tubes [1].

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Variations spectrales de l'étoile θ^2 Orionis.* Note de M. F. **Henroteau**, présentée par M. Deslandres.

L'étoile θ^2 *Orionis*, qui se trouve dans la nébuleuse d'Orion, est une étoile de la classe B, à raies très larges et diffuses. Le professeur E.-B. Frost, directeur de l'Observatoire Yerkes, découvrit en 1904 qu'elle était probablement une étoile double spectroscopique, montrant une variation de vitesse radiale d'environ 140^{km}.

En 1919 et en janvier 1920, j'ai obtenu à l'Observatoire d'Ottawa un certain nombre de spectrogrammes de cette étoile, et le fait qui me frappa fut d'y trouver des raies d'émission fines et intenses, superposées aux raies larges d'absorption de l'hydrogène et d'autres éléments. Les vitesses radiales fournies dans les différents spectrogrammes par ces raies d'émission variaient aussi, mais, autant que je puis en juger, d'une quantité moindre que celle indiquée par Frost. Ces raies d'émission n'étaient pas visibles sur les anciens spectrogrammes. Désirant vérifier mon assertion, Otto Struve, à l'Observatoire Yerkes, obtint plusieurs spectrogrammes de cette étoile en 1922, mais n'y découvrit d'abord aucune trace de raies d'émission. Puis, récemment, les raies fines et intenses d'émission se sont montrées sur un spectrogramme du 2 mars 1923.

θ^2 Orionis n'est pas reconnue comme étoile variable. Nous sommes donc ici en présence d'une étoile de classe B, non variable, qui présente des raies brillantes seulement par intermittences, ce qui est un phénomène nouveau en Astronomie (à part peut-être la découverte plus récente par Miss Cannon de l'étoile H. R. 4830, étoile de la classe B qui ne possédait aucune raie

---

[1] Les travaux de M. Cisotti semblent avoir également échappé à M. Pascal (dont M. Noaillon s'était proposé de compléter le résultat). (Note de M. Hadamard.)

d'émission en 1906 le 31 mai, ni en 1908 le 9 avril, mais qui montra ces raies sur une plaque obtenue le 14 mai 1922).

On connaît aussi quelques étoiles de la classe B, telles que *Pléione* et μ *Centauri*, qui possédaient des raies brillantes, lesquelles ont disparu.

La relation que θ^2 Orionis doit avoir avec la nébuleuse d'Orion apparaît comme importante. Je compte dès à présent faire une étude spéciale de cette étoile.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur certaines conséquences électromagnétiques du principe de relativité.* Note de M. **Max Morand**, présentée par M. Émile Borel.

En développant la théorie électromagnétique sous sa forme invariante la plus générale, il est possible de déterminer le champ électromagnétique en chaque point d'un univers riemannien quand on connaît dans cet univers la distribution des charges et des courants. Lorsque l'univers est euclidien, on retrouve les résultats de la théorie électromagnétique classique, et l'explication, depuis longtemps connue, de la masse d'inertie, s'en déduit immédiatement. Lorsque l'univers n'est plus euclidien et qu'il s'y manifeste des champs de gravitation permanents, on aboutit à une généralisation de la théorie classique conforme au principe de relativité. A l'explication de la masse d'inertie s'ajoute celle de la masse pesante, qui procèdent toutes deux du même phénomène — de là leur identité au point de vue physique.

Désignons par $\mathfrak{J}^1$, $\mathfrak{J}^2$, $\mathfrak{J}^3$, $\mathfrak{J}^4$ les composantes contrevariantes du vecteur courant; par φ_1, φ_2, φ_3, φ_4 les composantes covariantes du potentiel vecteur électromagnétique; et définissons le champ électromagnétique par ses composantes

$$(1) \qquad F_{\alpha\beta} = \frac{\partial \varphi_\alpha}{\partial x_\beta} - \frac{\partial \varphi_\beta}{\partial x_\alpha}.$$

Dans un univers quelconque tétradimensionnel, les équations de Maxwell s'écrivent

$$(2) \qquad \frac{1}{\sqrt{-g}} \frac{\partial}{\partial x_\nu} (\sqrt{-g}\, g^{\mu\alpha} g^{\nu\beta} F_{\alpha\beta}) = \mathfrak{J}^\mu.$$

En posant

$$\mathfrak{J}_i = g_{\mu i} \mathfrak{J}^\mu,$$

on peut mettre les équations (2) sous la forme

$$(3) \qquad \mathfrak{J}_i = g^{\nu\sigma} F_{i\nu,\sigma} = g^{\nu\sigma}[\varphi_{i\nu\sigma} - \varphi_{\nu i\sigma}] = g^{\nu\sigma}[\varphi_{i\nu\sigma} - \varphi_{\sigma i\nu}],$$

où $F_{i\nu,\sigma}$, $\varphi_{i\nu}$, $\varphi_{i\nu\sigma}$ désignent respectivement les dérivées covariantes de $F_{i\nu}$, φ_i et $\varphi_{i\nu}$.

Aux équations de Maxwell ainsi écrites nous ajouterons la condition

$$(4)\qquad \Phi = \text{div.}\,\varphi_i = \frac{1}{\sqrt{-g}}\frac{\partial}{\partial x_\mu}(\sqrt{-g}\,g^{\mu i}\varphi_i) = 0$$

qui est une simple généralisation de la condition supplémentaire introduite dans la théorie classique pour achever la détermination des composantes du potentiel vecteur. En développant l'expression de Φ, on trouve

$$(5)\qquad \frac{\partial \Phi}{\partial x_i} = g^{\nu\sigma}\varphi_{\nu\sigma i} = 0,$$

et en additionnant (5) membre à membre avec (7), on obtient les équations différentielles

$$(6)\qquad \mathfrak{I}_i = g^{\nu\sigma}[\varphi_{i\nu\sigma} + \varphi_{\nu\sigma i} - \varphi_{\sigma i\nu}].$$

Ce système d'équations différentielles en φ_i représente la généralisation au cas d'un potentiel vecteur, dans un univers riemannien, de l'équation de propagation d'un potentiel scalaire avec la vitesse de la lumière, dans un univers euclidien. La courbure s'introduit par les termes

$$g^{\nu\sigma}[\varphi_{\nu\sigma i} - \varphi_{\nu i\sigma}] = \varphi_\rho\, g^{\nu\sigma}\, R^{\rho}_{\nu\sigma i}.$$

Quand l'univers devient galiléen, les équations (6) se réduisent à

$$\mathfrak{I}_i = \Delta\varphi_i - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\varphi_i}{\partial t^2}.$$

Lorsque l'on connaît la distribution du champ de vecteurs $\mathfrak{I}_i$ en fonction des quatre variables x_1, x_2, x_3, x_4, le système d'équations différentielles (6) détermine en chaque point d'univers la grandeur et la direction du vecteur $\vec{\varphi}$; et la relation (1) donne la valeur des composantes du champ électromagnétique.

En général, les équations (6) présentent une trop grande complexité pour pouvoir être intégrées. On en déduit cependant les résultats de la théorie électromagnétique classique quand on se borne au cas d'un univers euclidien. Elles démontrent l'existence d'un champ de sillage et d'un champ de rayonnement autour d'une particule électrisée en mouvement accéléré. On sait comment l'inertie s'explique à partir de là par une réaction du champ électromagnétique sur la particule elle-même. Comme le système de

référence lié à la particule est le siège d'un champ de gravitation géométrique, on est d'ailleurs en droit de dire que l'existence de ce champ de gravitation est seule la cause de l'émission par la particule d'un rayonnement électromagnétique.

On peut encore tirer parti des équations (6) quand on se borne, dans un cas général, à la recherche de ce qui se passe seulement au voisinage immédiat d'une particule électrisée.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'induction et spectres d'étincelle.* Note de M. L. Dunoyer.

MM. Léon et Eugène Bloch ont répondu à ma réclamation de priorité sur ce sujet ([1]) en déclarant qu'il n'ont trouvé dans mes publications « aucune donnée expérimentale ni même aucune suggestion concernant la possibilité de décomposer un spectre d'étincelle en spectres de catégories différentes ».

Grâce aux mots « spectre d'étincelle », cette affirmation peut avoir l'air exacte. En effet, j'ai proposé d'appeler les spectres que j'ai obtenus au moyen d'un dispositif identiquement reproduit par MM. Bloch, sans me citer, « spectres d'induction », parce qu'en réalité le gaz lumineux qui les fournit n'est ni un arc ni une étincelle.

Mais cette apparence même d'exactitude est fallacieuse, car j'ai longuement insisté dans mon Mémoire ([2]) sur les relations des spectres d'induction, des spectres d'étincelle proprement dits et des spectres d'arc, ainsi que sur les transformations des spectres d'induction en ces catégories différentes ([3]). Pour le cæsium, j'ai donné les longueurs d'onde de 630 raies du spectre d'induction comprenant les 78 raies actuellement connues du spectre d'étincelle.

Pour le rubidium, j'ai donné les longueurs d'onde de 337 raies comprenant, à l'exception de 10, les 61 raies connues du spectre d'étincelle. En outre, j'ai indiqué (p. 267, 268, 280 et 281) les modifications que la densité et la température de la vapeur ou les conditions électriques de la décharge

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 953. — Et non comme MM. Bloch l'indiquent tome 153, page 933.

([2]) *Journal de Physique*, t. 6, 1922, p. 261-293.

([3]) Voir notamment pages 278, 279, 287, 288, 289, 290, 291.

imprimaient à la couleur de la luminescence et par suite à la composition des spectres d'induction. Enfin, j'ai signalé (p. 268 et 281) que ces modifications ne se produisaient pas simultanément en tous les points de la vapeur, ce qui constitue essentiellement le principe de la « méthode de séparation » employée par MM. Bloch. J'ai dit (p. 281) pourquoi le spectrographe dont je disposais ne m'avait pas permis d'utiliser cette remarquable répartition de la luminescence au sein de la vapeur pour enregistrer simultanément ces diverses catégories spectrales et qu'il suffisait de remplacer mon spectrographe, astigmatique, par un spectrographe ordinaire. C'est ce qu'ont fait MM. Bloch, sans rien changer au reste du montage.

Il semblera difficile, je pense, au lecteur impartial d'admettre qu'il n'y ait dans tout cela « aucune donnée expérimentale ni même aucune suggestion concernant la possibilité de décomposer un spectre d'étincelle (c'est-à-dire spectre d'induction) en spectres de catégories différentes ». Il lui paraîtra plus difficile encore d'admettre que je n'aie pas « reconnu expérimentalement ni même spécifié l'existence » de spectres (ceux que MM. Bloch appellent spectres d'étincelle d'ordre supérieur) dans lesquels j'ai mesuré 550 raies nouvelles pour le cæsium et 286 raies nouvelles pour le rubidium. Je compte m'en rapporter désormais à son jugement.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur la désaimantation du fer par des oscillations électromagnétiques.* Note de M. S. R. Mitra, présentée par M. G. Ferrié.

La désaimantation d'un fil de fer disposé suivant l'axe d'une bobine parcourue par un courant alternatif a été remarquée pour la première fois par Henry en 1842. Dès les débuts de la Radiotélégraphie, ce phénomène a été utilisé pour détecter les oscillations des hautes fréquences, d'abord par Rutherford, en 1896, puis par Marconi, en 1902 (¹). Marconi trouve que les oscillations augmentent l'aimantation si le fer est dans un champ magnétique d'amplitude croissante et la diminuent pour des amplitudes décroissantes. La surface du cycle d'hystérésis pour des variations très lentes est diminuée si l'on superpose au champ un champ alternatif de haute fréquence. Les remarques de Marconi ont été confirmées peu après par E. Wilson et par Eccles (²).

(¹) *Proceedings of the Royal Society*, t. 70, p. 341.
(²) *Philosophical Magazine*, t. 12, 1906, p. 109.

Tous ces auteurs ont employé dans leurs études des ondes très amorties, produites par des étincelles dont les longueurs d'onde sont mal définies. Ils n'ont pas cherché l'effet de la variation de fréquence. Nous nous sommes proposé d'étudier les mêmes phénomènes dans des limites de fréquence aussi étendues que possible en utilisant des oscillations entretenues par des lampes à trois électrodes.

Les oscillations sont produites par deux petites lampes de la Radiotélégraphie militaire, montées en parallèle. Le circuit oscillant, dont la self et la capacité peuvent être modifiées, comprend toujours une bobine A de petit diamètre, enroulée sur un tube de verre. L'échantillon du fil de fer à étudier est disposé suivant l'axe de cette bobine. Une seconde bobine B, de plus grand diamètre, entoure la première. Elle est reliée à une batterie d'accumulateurs et produit le champ magnétisant. Le fil étudié avait 28^{cm} de longueur. Non loin d'une des extrémités de ce fil était disposée l'aiguille d'un magnétomètre qui servait à mesurer l'intensité de l'aimantation. Le magnétomètre était étalonné par l'observation de la déviation produite par un courant d'intensité connue, circulant dans quelques spires circulaires. Les deux bobines A et B et le fil de fer (1^{mm} de diamètre) avaient la même longueur (28^{cm}).

J'ai d'abord cherché l'influence d'un champ alternatif de haute fréquence sur l'aimantation résiduelle. Avant chaque expérience le fer était amené au même état de la manière suivante. Le fil de fer est d'abord désaimanté en faisant passer dans la bobine magnétisante B un courant périodiquement renversé dont on diminue lentement l'intensité jusqu'à zéro. Le courant magnétisant est ensuite rétabli, augmenté jusqu'à atteindre la saturation magnétique, puis supprimé. La déviation du magnétomètre mesure l'aimantation résiduelle après suppression du champ. On établit alors dans la bobine A le courant de haute fréquence produit par un oscillateur à lampes. Un ondemètre détermine la fréquence et un ampèremètre thermique l'intensité efficace. La déviation du magnétomètre diminue, indiquant une désaimantation. On mesure cette désaimantation $I_1 - I_2$ pour des fréquences variées et une intensité efficace constante (0,3 ampère) du courant alternatif. On règle facilement cette intensité en faisant varier soit le couplage entre la bobine de grille et la bobine de plaque de l'oscillateur, soit en réglant le courant de chauffage. Les mesures ont été faites depuis les plus basses fréquences, jusqu'à la fréquence 500000 périodes par seconde qui correspond à une longueur d'onde de 600^{m}. Pour les plus petites fréquences, on obtient le courant, non plus par un oscillateur à lampes, mais avec un

petit alternateur pouvant donner jusqu'à 700 périodes. On mesurait également la désaimantation qui correspondait à la fréquence zéro en faisant circuler dans la bobine A un courant constant dont l'intensité était égale à l'intensité maximum $0,3 \times \sqrt{2}$ ampère des courants alternatifs utilisés. Les résultats des expériences pour quelques fréquences sont résumés dans le Tableau suivant :

Fréquences..	0	50	200	640	2000	4000	13000	43000	166000	500000
$I_1 - I_2$......	516	511	485	438	335	290	175	122	64,6	32,8

On constate une désaimantation d'autant plus grande que la fréquence est plus basse. La désaimantation varie peu avec la fréquence pour les basses fréquences. Elle décroît rapidement quand les fréquences augmentent et elle devient très petite pour les fréquences très élevées. Ces résultats ont été obtenus avec un fil de fer recuit; pour un fil de fer plus dur, la désaimantation est une plus petite fraction de l'aimantation résiduelle.

J'ai fait une autre série d'expériences à observer comment est modifiée la forme du cycle d'hystérésis relative à des variations lentes du champ magnétisant lorsqu'on superpose à ce champ un champ à haute fréquence. On laisse constamment le courant à haute fréquence sur la bobine A et l'on observe les variations d'aimantation en changeant l'intensité du courant fourni à la bobine B par la batterie d'accumulateurs. On avait compensé l'influence sur le magnétomètre de cette dernière bobine. On trouve que le champ à haute fréquence, sans changer la position des points extrêmes du cycle d'hystérésis, l'aplatit et diminue beaucoup sa surface. Le Tableau suivant donne les résultats d'une expérience sur un fil de fer recuit pour champ de fréquence 4000 superposé au champ constant.

Champ décroissant.

H.......	25,2.	23,8.	18,0.	12,1.	5,9.	3.	0.	−1,3.
I.........	1170	1158	1134	1086	996	918	756	510
I (1)......	1146	1140	1098	1050	942	780	432	0

Champ croissant.

H.......	25,1.	23,8.	18,0.	12,1.	9,0.	7,8.	5,8.	4,8.
I.........	1134	1122	1020	852	714	780	660	0
I (1)......	1140	1134	1062	936	834	600	450	540

(1) En superposant les oscillations.

On peut s'expliquer les résultats obtenus, soit en admettant que les oscillations du champ provoquent des vibrations des aimants moléculaires et agissent comme des vibrations mécaniques, soit en remarquant qu'à l'instant où le champ oscillant est en sens inverse de l'aimantation résiduelle il tend à faire disparaître celle-ci. L'action des courants de très haute fréquence peut être plus faible soit parce que le champ magnétique n'agit pas assez longtemps avec un sens constant, soit parce que les variations du champ restent superficielles et n'atteignent pas l'axe du fil. Pour étudier ce dernier effet, j'ai employé un faisceau de fils de fer très fins mais n'ai pas trouvé des différences essentielles entre les résultats obtenus et ceux que donnait un fil massif. On ne peut considérer, cependant, cette expérience comme absolument probante, parce qu'il est impossible d'assurer que dans les deux cas les fers employés ont exactement la même constitution.

PHYSIQUE. — *Déformations des gelées par l'action d'un courant électrique.* Note de M. **Félix Michaud**, présentée par M. Daniel Berthelot.

1. Au cours de recherches sur les gelées, j'ai eu l'occasion d'observer un phénomène intéressant qui, à ma connaissance, n'a pas encore été signalé jusqu'ici. Une gelée de gélose ou de gélatine, placée entre deux électrodes métalliques et traversée par un courant électrique, se contracte vers l'anode et se gonfle du côté de la cathode. Les forces mises en jeu sont importantes, car le phénomène se produit même avec des gelées très épaisses ayant la consistance du caoutchouc.

L'expérience est très facile à répéter : on coule à chaud une solution concentrée de gélose dans une cuve en verre portant, fixées intérieurement aux parois, deux électrodes métalliques. Après refroidissement, on vise un point de la surface de la gelée et l'on établit entre les électrodes un champ de quelques volts par centimètre. On voit alors le point s'abaisser s'il est voisin de l'anode, ou s'élever s'il est voisin de la cathode, et, dans les deux cas, se déplacer en sens inverse du courant.

2. Une étude plus attentive du phénomène montre d'abord que la nature du métal constituant les électrodes n'a pas d'influence sensible. On constate en outre que la gelée se colle fortement sur l'anode et s'y dessèche, tandis que du liquide apparaît au contact de la cathode. Il est donc à présumer que les déformations sont liées à une osmose électrique qui transporte l'eau incorporée dans la gelée dans le sens du courant.

M. Perrin avait déjà trouvé en 1904 que l'osmose électrique peut se produire à travers un septum de gélatine. J'ai vérifié que ce phénomène se produit également avec la gélose; il est même plus intense qu'avec la gélatine. On constate, en conformité avec ce fait, que les déformations *électromécaniques* sont moins fortes avec la gélatine qu'avec la gélose.

3. Si l'interprétation précédente est exacte, le phénomène bien connu du gonflement des gelées doit se trouver modifié lorsqu'on maintient une différence de potentiel entre la gelée et le liquide qui la baigne.

Pour faire l'expérience, j'ai suspendu une lame de gélose au fléau d'une balance. L'extrémité inférieure était fixée au fond d'un récipient rempli d'eau distillée dans laquelle plongeait une électrode métallique. L'autre électrode était constituée par la gelée elle-même. J'ai constaté que, conformément à mes prévisions, lorsque la lame est anode elle se contracte, lorsqu'elle est cathode elle se détend.

Le phénomène gagne beaucoup en rapidité lorsqu'on incorpore à la gelée un fil métallique. J'utilise, à cet effet, des ressorts à boudin très fins de cuivre ou d'argent. Plongés dans une solution chaude de gélose, retirés, puis abandonnés au refroidissement, ils constituent des *fibres*, de 20^{cm} de longueur et de 1^{mm} environ de diamètre, contenant un squelette métallique qui s'oppose un peu aux contractions et aux allongements, mais qui a le double avantage de rendre la fibre moins fragile et de diminuer considérablement sa résistance électrique. En opérant de cette façon, j'ai pu obtenir des contractions atteignant 5^{mm}. Même tendue par un poids de 10^{g}, la fibre manifeste encore, sous l'action du courant, une contraction sensible.

4. La constitution intime des gels est encore trop mystérieuse pour qu'on puisse donner de ces phénomènes une explication certaine et complète; voici cependant celle que je propose, et qui semble cadrer, en gros, avec les faits. Admettons, conformément aux idées de beaucoup de physico-chimistes, que les gelées sont constituées par un réseau de fins canalicules remplis de liquide, et que, suivant la théorie de l'osmose électrique développée par J. Perrin et P. Girard, une couche électrique double se forme sur les parois. Si les canalicules ont un diamètre moyen inférieur à l'épaisseur de la couche double, les charges adhérentes à la paroi, négatives dans le cas actuel, pourront seules pénétrer à l'intérieur de la gelée; les autres resteront à la porte des orifices, et ne pourront rejoindre les charges négatives correspondantes qui les attirent qu'à la faveur d'un accroissement du diamètre des canalicules. C'est l'explication du gonflement par l'eau. En changeant

la pressions des ions H^+ on augmente ou diminue les charges, on peut même changer leurs signes. Ainsi se trouve interprétée l'action bien connue des acides et des bases sur le gonflement de la gélatine.

J'ai constaté qu'une lame de gélose se contracte en milieu acide et se gonfle en milieu alcalin; mais alors le point d'inversion, au lieu d'être, comme pour la gélatine, très voisin de la neutralité, ne s'obtient qu'avec une acidité très forte; il est pratiquement presque inaccessible, à moins de risquer une altération chimique du gel.

On comprend maintenant qu'un champ électrique, dirigé de l'eau vers la gélose, aide la pénétration des charges positives et produise le gonflement; au contraire, un champ inverse expulse les charges positives introduites et provoque une contraction.

La présence d'un alcali augmente les charges négatives des parois et doit, par conséquent, favoriser le phénomène. J'ai constaté, en effet, qu'alors les contractions et les détentes deviennent plus violentes, à ce point de donner un choc à la balance à chaque inversion de courant.

5. Les expériences décrites ci-dessus pourront, sans doute, être utilisées par les biologistes. On peut en déduire une explication de la contraction musculaire en admettant, conformément aux vues de Joule adoptées par Voit, Krause, Kühne, d'Arsonval et Solvay, que l'électricité joue le rôle d'une énergie *intermédiaire* dans le mécanisme du moteur muscle.

CHIMIE PHYSIQUE INDUSTRIELLE. — *Sur la persistance de la couleur des ions dans les couleurs ou colorants céramiques obtenus à température élevée.* Note de M. **Pierre Brémond**, présentée par M. Breton.

La coloration des différents sels colorés d'un même métal ou d'un acide dépend en général du degré d'hydratation de ce sel, de son état d'ionisation, de la couleur propre du radical acide ou de l'ion métallique avec lequel il est combiné, etc.

En examinant et en coordonnant les nombreux tons des couleurs céramiques obtenues à Sèvres et dans l'industrie, on retrouve souvent les colorations des divers sels d'un même métal ou acide, bien que ces colorations appartiennent, dans la série des sels en question, à des composés qui doivent nécessairement être hydratés pour conserver leur coloration ou bien qui ne sont stables qu'à basse température.

On retrouve également dans les couleurs céramiques des colorations

correspondant à des états d'oxydation ou à des valences du métal ou du métalloïde qui ne donnent naissance, à la température ordinaire, qu'à des composés peu stables ou ayant des affinités chimiques faibles.

Le moyen d'obtention de l'une ou l'autre des colorations est d'ailleurs variable selon le corps colorant. Parmi les causes déterminantes du genre de coloration on peut citer : la présence de corps qui sont d'ailleurs en général incolores; la nature de l'atmosphère du four pendant la préparation ou la cuisson de la couleur; le rapport moléculaire de certains corps ou radicaux acides ou basiques dans la formule de la couleur.

On sait que le chrome, par exemple, donne naissance à des sels qui peuvent exister sous la forme violette, verte ou rouge (sulfates). Or on prépare facilement des couleurs céramiques vertes à base de chrome; on peut également obtenir des tons violets ou lilas et même des rouges allant jusqu'à l'incarnat (pinks) en augmentant le rapport $\frac{CaO}{SnO^2}$ dans la formule du pink. Il y a lieu de remarquer que ces couleurs de chrome sont toutes obtenues à plus de 1000°, température très supérieure à celle des possibilités d'existence des composés salins ordinaires violets ou rouges.

De même, le cuivre est la base colorante de nombreuses couleurs vertes ou bleues, tons que l'on retrouve dans les sels hydratés de cuivre.

Le cobalt permet de préparer des couleurs bleues, d'autres tirant sur le violet et enfin des verts, chacune de ces couleurs se retrouve dans des sels de cobalt plus ou moins hydratés.

Le manganèse donne naissance à des couleurs très pâles rappelant les sels manganeux, à des bruns rappelant les sels manganiques, et enfin à des roses violacés paraissant apparentés aux permanganates.

Il existe, de même, des jaunes et des bleus de titane, etc. Ces exemples pris dans la pratique céramique pourraient être multipliés, ce qui n'est pas le but de la présente Note, dont l'objet est seulement d'attirer l'attention sur la persistance ou la réapparition à haute température, dans les couleurs céramiques, de tons qui ne paraissent souvent devoir exister que dans des sels ou composés hydratés ou peu stables.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Dosage de l'antimoine au moyen de l'acide phénylthiohydantoïque*. Note de Mme et M. **A. Lassieur**, présentée par M. A. Haller.

En 1905, M. Pozzi-Escot a signalé (¹) que les sels de cobalt fournissent, avec l'acide phénylthiohydantoïque, un précipité rouge brun, caractéristique. Plus récemment, Willard et Hall (²) ont appliqué cette réaction au dosage du cobalt et à sa séparation de certains métaux. Les mêmes auteurs ont signalé que ce réactif précipitait également le cuivre, le plomb, le mercure, le cadmium, le bismuth et l'antimoine.

Il nous a paru spécialement intéressant d'examiner le cas de l'antimoine pour la précipitation duquel nous avons peu de réactifs à notre disposition.

L'acide phénylthiohydantoïque

$$\begin{array}{l} C^6H^5 — CH — COOH \\ \qquad\quad\;\; | \\ \qquad\quad NH — CSNH^2 \end{array}$$

est préparé en faisant bouillir au reflux, pendant 6 heures, un mélange de 95g d'acide monochloracétique, 75g de sulfocyanate d'ammonium, de 83g d'aniline et de 450cm³ d'alcool. La liqueur chaude, filtrée, cristallise par refroidissement. On purifie par une nouvelle cristallisation dans l'alcool. Nous avons obtenu ainsi 62g d'acide pur.

Pour effectuer nos essais, nous sommes partis d'une solution d'émétique, dont le titre a été déterminé en dosant l'antimoine par électrolyse. Le mode opératoire pour exécuter le dosage au moyen de l'acide phénylthiohydantoïque a été fixé comme suit : La liqueur neutre renfermant l'antimoine, amenée au volume de 150cm³, est additionnée de 5cm³ d'acide acétique N et de 0g,5 de réactif solide. On fait bouillir. Après 2 ou 3 minutes d'ébullition, la liqueur restée claire se trouble et un précipité blanc, peu volumineux, se forme. On fait bouillir encore 2 ou 3 minutes, puis on refroidit complètement. La liqueur est filtrée à la trompe sur un creuset de Gooch, et le précipité est lavé avec un peu d'eau. On traite le contenu du creuset : amiante et précipité par 20cm³ d'alcool chaud, tout le précipité se dissout. On ajoute 1cm³ d'acide acétique cristallisable et quelques gouttes de solution de sulfure de sodium, de telle sorte que la liqueur dégage nettement l'odeur d'hydro-

(¹) *Ann. Chim. anal.*, 1905, p. 147.
(²) *J. Amer. Chem. Soc.*, t. 44, 1922, p. 2221.

gène sulfuré. L'antimoine précipite sous forme de sulfure, qu'on filtre et lave avec un peu d'alcool. Le filtre est traité par 80$^{cm^3}$ de solution de sulfure de sodium employés en quatre fois, et la solution du sulfosel est recueillie dans un gobelet. On lave le filtre avec 60$^{cm^3}$ d'eau et ces eaux de lavage sont ajoutées au liquide précédent. On ajoute 5^g de cyanure de potassium, chauffe à 70° et électrolyse pour antimoine. On pèse le dépôt d'antimoine.

Partis d'un poids d'antimoine de 0^g,0327, nous avons obtenu 0,033 Sb, c'est-à-dire que la précipitation est complète.

Influence de la réaction du milieu. — Volume de la solution dans chaque cas : 150$^{cm^3}$.

Liqueur neutre.

Sb	
Trouvé.	Théorie.
0,0328	0,0327

La filtration du précipité a lieu avec une lenteur extrême.

	Antimoine.	
	Théorie.	Trouvé.
Liqueur acétique.		
1$^{cm^3}$ acide acétique N	g 0,0327	g 0,0326
5 » »	0,0327	0,033
10 » »	0,0327	0,031
25 » »	0,0327	0,0304
50 » »	0,0327	(1)
100 » »	0,0655	0,0645
Liqueur chlorhydrique.		
HCl N/1000	0,0327	0,0325
HCl N/100	0,0327	(1)
Liqueur ammoniacale.		
3$^{cm^3}$ ammoniaque à 20 pour 100	0,0327	0,0245
	0,0327	0,026

En liqueur acide le précipité est facile à séparer par filtration. Ainsi une légère acidité est utile, mais un excès est dangereux. De bonnes concentrations correspondent à l'acide acétique N/20 ou à l'acide chlorhydrique N/1000. En pratique, nous recommandons d'amener la solution à précipiter

(1) Aucun précipité n'a été observé.

à présenter une concentration en ions hydrogène, correspondant à un Ph de 4 environ. Ce résultat est aisément obtenu en additionnant la liqueur acide de bromophénol bleu et en ajoutant de la soude à virage du jaune au violet. Il a été reconnu indispensable de refroidir complètement la liqueur précipitée avant filtration. Un poids d'acide phénylthiohydantoïque de 0g,5 suffit à la précipitation de 0g,065 d'antimoine.

Ayant fixé les conditions d'une précipitation quantitative, nous avons essayé d'effectuer le dosage en pesant le précipité obtenu avec l'acide phénylthiohydantoïque. Il faut renoncer à le sécher à l'étuve à 100°, car il s'altère en même temps qu'on observe une production de sulfure d'antimoine. La dessiccation dans le vide sulfurique conduit à de meilleurs résultats.

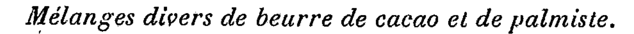
Poids d'antimoine employé.	Poids du précipité.	Sb pour 100 dans le précipité.
g 0,033	g 0,1795	18,4
0,033	0,177	18,6
0,0264	0,141	18,7
0,0264	0,140	18,8

La composition du précipité est assez constante et il est possible de déduire de son poids la quantité d'antimoine présente, mais à notre avis cette pesée est moins sûre que celle de l'antimoine électrolysé comme il a été dit plus haut. Le précipité antimonié entraîne certainement du réactif précipitant et il est à craindre que ce ne soit pas toujours dans les mêmes proportions. La purification du précipité par solution dans l'alcool et cristallisation ou précipitation par l'eau n'a pas fourni de bons résultats, la substance paraissant s'altérer. Après de nombreux lavages à l'eau bouillante, en vue d'éliminer l'acide phénylthiohydantoïque entraîné, la combinaison antimoniée a été trouvée contenir 19,4 pour 100 Sb, teneur plus forte que celles indiquées plus haut, ce qui montre bien qu'un entraînement a eu lieu. Quoi qu'il en soit, la pesée du précipité peut être faite si l'on ne désire pas une approximation très grande dans les résultats.

Il était intéressant d'examiner l'influence de l'arsenic et de l'étain sur la précipitation de l'antimoine. Nous avons pu opérer en présence de 0g,2 d'arséniate de soude sans observer de perturbation dans le dosage de l'antimoine. La présence d'étain est beaucoup plus gênante et nous n'avons pu encore obtenir une séparation complète.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Méthode d'analyse du beurre de cacao et de ses mélanges avec les beurres végétaux.* Note [1] de M. **Marcel Pichard**, présentée par M. L. Lindet.

La méthode que j'ai l'honneur de soumettre à l'Académie est basée sur l'observation de la variation de température, en fonction du temps, du


Mélanges divers de beurre de cacao et de palmiste.

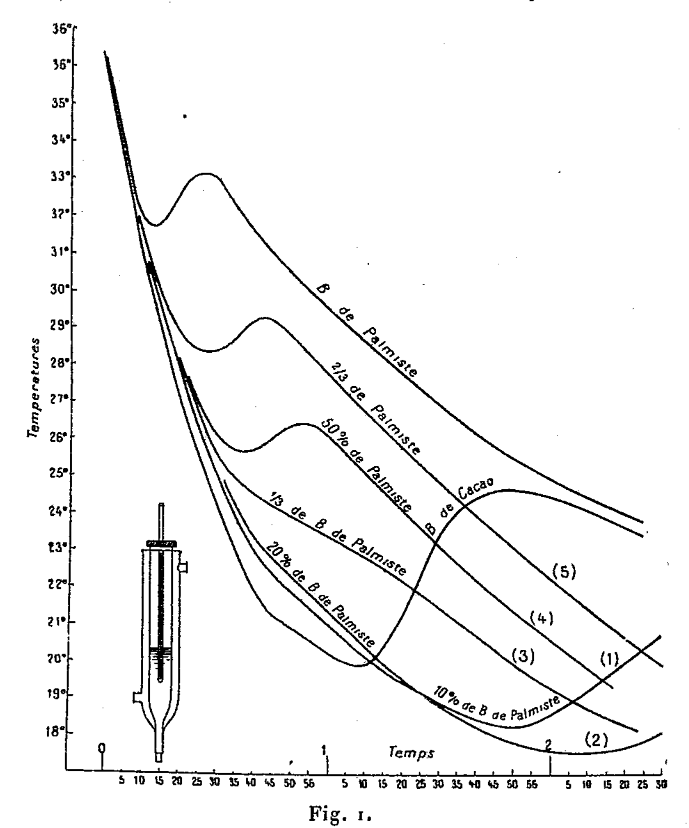


Fig. 1.

	Maximum.	Minimum.	Différence.
	°	°	°
Beurre de cacao..............	24,6	19,9	4,7
Beurre de palmiste...........	33,2	31,75	1,45
Mélange n° 1................	21,6	18,3	3,3
» n° 2................	»	17,65	»
» n° 3................	»	»	»
» n° 4................	26,4	25,75	0,65
» n° 5................	29,3	28,35	0,95

[1] Séance du 23 avril 1923.

Produits divers.

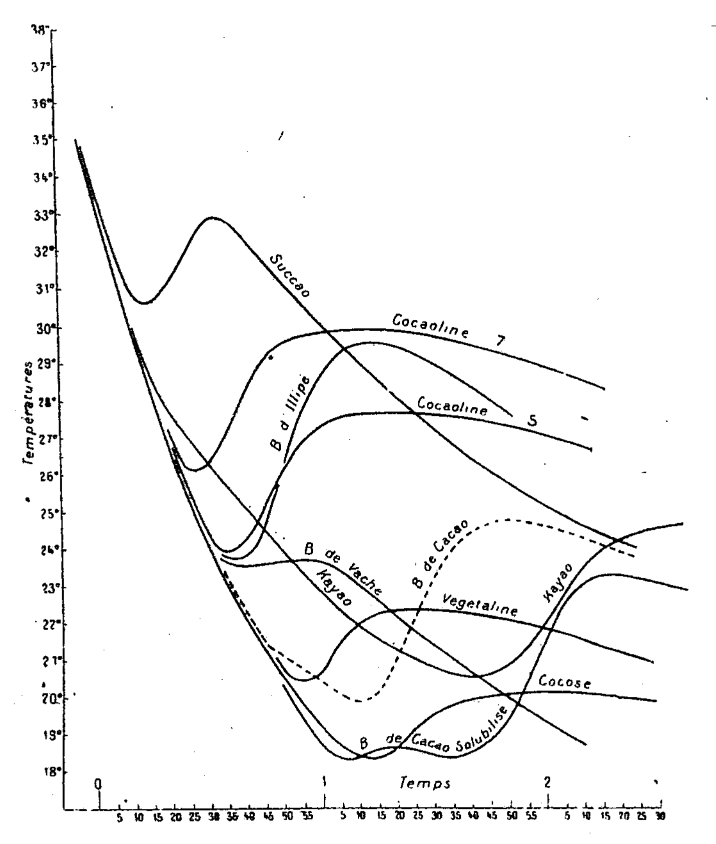


Fig. 2.

	Maximum.	Minimum.	Différence.
	°	°	°
Beurre de cacao	24,6	19,9	4,7
» » solubilisé	23,1	18,3	4,8
	18,5	18,2	0,3
Succao	32,9	30,6	2,3
Beurre d'Illipé	29,5	23,7	5,8
Kayao	24,4	20,5	3,9
Cocaoline 5	27,5	23,9	3,6
Cocaoline 7	29,8	26,1	3,7
Végétaline	22,35	20,4	1,95
Cocose	20,1	18,3	1,8
Beurre de vache	23,7	23,5	0,15

beurre de cacao ou de la matière grasse totale extraite du produit à analyser, soumis, après fusion, au refroidissement lent, jusqu'à congélation complète, dans une ambiance convenable.

Une matière grasse qui se refroidit se caractérise par une courbe présentant un minimum de température au point où finit la surfusion et où commence la solidification. Celle-ci se produit brusquement et la température remonte à un maximum plus ou moins élevé, plus ou moins vite atteint, plus ou moins distant du minimum, dans le temps, suivant le corps gras ou le mélange de corps gras considéré, toutes autres conditions restant les mêmes : même appareil, même ambiance, même poids de matière grasse.

L'appareil est constitué par deux allonges en verre, placées verticalement l'une dans l'autre entre lesquelles circule librement l'air du laboratoire maintenu à une température voisine de + 10° C. : l'allonge intérieure contient 25g de matière grasse; le thermomètre gradué en dixièmes de degré est placé dans l'axe de l'appareil, au sein de la matière grasse.

L'expérience montre :

1° Pour les beurres de cacao purs, de provenances diverses, que les courbes représentant les variations de température en fonction du temps sont semblables, quels que soient l'origine des fèves d'où proviennent ces beurres, le degré de torréfaction qu'elles ont subi ou le degré de pression auquel on a soumis les pâtes de cacao, pour en extraire le beurre, quel que soit aussi le mélange de fèves adopté pour obtenir le parfum désiré.

2° Pour les beurres végétaux et autres matières grasses, que les courbes obtenues sont très différentes de celles relatives au beurre de cacao et très variables entre elles.

3° Pour les mélanges de beurre de cacao et de matières grasses, diverses, qu'au lieu d'obtenir des courbes s'intercalant entre les courbes originales du beurre de cacao et celle de la matière grasse considérée, on obtient souvent des courbes qui sortent de ces limites ou qui se placent entre ces limites, mais avec des allures tout à fait spéciales.

La méthode permet de distinguer le beurre de cacao de ses succédanés auxquels il est frauduleusement substitué dans le chocolat.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Passage de l'alanine à l'acide pyruvique par action directe de l'oxygène.* Note [1] de MM. **L.-J. Simon** et **Léon Piaux**.

En 1910, Neubauer et Fromherz indiquaient le rôle intermédiaire des acides cétoniques dans la transformation biochimique des acides aminés en alcools et en particulier le rôle de l'acide pyruvique dans le passage de l'alanine à l'alcool éthylique. Ils annonçaient comme très probable la fermentascibilité de l'acide pyruvique et son rôle d'intermédiaire dans la fermentation alcoolique. Peu de temps après, Neuberg dédoublait par la levure cet acide en aldéhyde et gaz carbonique et attribuait cette action à une diastase, contenue dans le suc de levure, à laquelle il donnait le nom de carboxylase. Enfin, en 1913, Fernbach et Schœn ont pu saisir la formation d'acide pyruvique au cours de la fermentation du sucre sous l'influence de la levure en assurant par addition de craie la neutralité du milieu au cours de cette fermentation. Comme conséquence l'acide pyruvique a pris en biochimie une importance considérable.

Ayant eu l'occasion d'étudier l'oxydation directe des éthers lactiques [2], nous avons entrepris d'examiner au même point de vue d'autres dérivés lactiques et en particulier *l'alanine* pour tenter de réaliser la réaction imaginée par Neubauer et Fromherz

$$CH^3-CH(NH^2)-CO^2H+O = CH^3-CO-CO^2H+NH^3.$$

Disons de suite que nous nous sommes procurés cette alanine à partir de l'acide pyruvique soit en hydrogénant son oxime, soit en traitant l'acide par le carbonate d'ammonium commercial (Erlenmeyer, de Jong) : elle était donc inactive par compensation.

L'alanine avait déjà été soumise à l'action des oxydants : hypochlorite (Langheld), eau oxygénée (Breinl et Baudisch, Dakin). On n'avait obtenu que de l'aldéhyde d'après la réaction

$$CH^3-CH(NH^2)-CO^2H+O = CH^3-COH+CO^2+NH^3.$$

Dakin a même dit explicitement qu'il n'a pu constater la formation d'acide pyruvique. Ces essais que nous avons répétés et d'autres du même genre (hypobromite, permanganate) nous ont fourni le même résultat. Il en est autrement par l'action directe de l'oxygène suggérée par la connais-

(1) Séance du 23 avril 1923.

(2) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 489-491.

sance d'un Mémoire de Traube. Dans une série de recherches sur l'oxydation des amines primaires par l'oxygène *en présence de cuivre*, Traube a pu observer une réaction couplée : un atome d'oxygène se portant sur le métal et un autre sur l'amine :

$$R - CH^2NH^2 + 2O + Cu = CuO + R - COH + NH^3.$$

En répétant sur l'alanine sodique les expériences de Traube en employant un atome du métal pour une molécule d'alanine, nous avons vérifié le caractère couplé de l'oxydation qui conduit à la même formation d'aldéhyde, une molécule de gaz carbonique restant fixée en solution. Quant à l'acide pyruvique, c'est à peine si des réactions très sensibles ont permis d'en déceler une trace.

Nous avons alors entrepris des essais méthodiques en agitant à la machine les solutions à étudier enfermées dans un récipient relié avec un gazomètre à oxygène : voici ce que nous avons observé :

1° En l'absence de soude et de cuivre l'alanine ne s'oxyde pas.

2° Il en est de même en présence de soude sans addition de métal.

3° En présence de cuivre, sans alcali, le métal s'oxyde seul et, de la solution bleue se dépose le sel de cuivre caractéristique de l'alanine, peu soluble à froid.

4° Enfin, en présence de soude et *de petites quantités de métal* apparaît l'acide pyruvique qui a été reconnu et dosé au moyen de son hydrazone (*loc. cit.*).

En employant le cuivre et l'alanine dans la proportion de $0^{at},25$ du métal pour une molécule d'alanine on a obtenu après 20 heures d'agitation 8 pour 100 d'acide pyruvique; avec $0^{at},5$ de métal on n'a plus obtenu que 4 pour 100 d'acide après 8 heures d'agitation; au delà de 1^{at} après 4 heures d'agitation l'acide pyruvique a presque entièrement disparu comme cela a été mentionné plus haut. D'une manière générale l'agitation était arrêtée dès que l'absorption d'oxygène n'était plus sensible.

5° L'excès relatif de cuivre a-t-il comme effet de provoquer l'oxydation de l'acide pyruvique lui-même et l'absence de ce dernier s'expliquerait-elle ainsi? Des essais parallèles institués à cet effet sur l'acide pyruvique additionné d'un excès d'alcali en présence ou non d'ammoniaque et de cuivre permettent de conclure que l'acide ne s'oxyde pas; à la vérité il disparaît progressivement mais par suite d'actions particulières de l'alcali et de l'ammoniaque dans lesquelles l'oxygène n'a aucune part et qu'on peut observer aussi bien en flacons pleins et bien bouchés.

Dans l'oxydation chimique de l'alanine, comme dans le cas des éthers lactiques (*loc. cit.*) se produisent donc *deux phénomènes indépendants et non successifs donnant naissance à l'aldéhyde éthylique ou à l'acide pyruvique.*

L'hypothèse de Neubauer et Fromherz reçoit donc de ces expériences une confirmation directe; elles sont d'accord avec celles décrites antérieurement (*loc. cit.*) pour nous montrer l'apparition indépendante plutôt que successive de l'aldéhyde éthylique et de l'acide pyruvique. Sans doute peut-on toujours imaginer que dans les phénomènes biologiques ou même dans nos expériences l'acide pyruvique naissant se présente sous une forme énolique capable de réagir autrement que la forme cétonique habituelle. Il est un peu inattendu de voir l'alanine préparée à partir de l'acide pyruvique restituer cet acide par oxydation au moins partiellement; mais ce sont là des renversements génétiques fréquents en chimie biologique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Oxydations et réductions provoquées par les sels d'urane sous l'influence de la lumière. Action antioxygène des phénols.* Note de MM. **Aloy** et **Valdiguié**, présentée par M. Moureu.

La sensibilité des sels d'urane à l'action de la lumière n'avait pas échappé aux premiers observateurs. Niepce de Saint-Victor fit une application de cette propriété à la photographie, et Ebelmen [1] a étudié avec soin la décomposition de l'oxalate d'urane et la transformation du sulfate en sulfate uraneux. Plus récemment, l'un de nous, en collaboration avec Rodier [2], a précisé les conditions de formation de l'acide uranoso-uranique des sels uraneux normaux et des sels basiques.

D'autre part, Daniel Berthelot et Gaudechon [3] ont montré le rôle de catalyseur lumineux des sels d'urane, et Neuberg [4] a décrit les réactions provoquées en leur présence par la lumière solaire sur de nombreux corps organiques. En ce qui concerne les modifications que les sels d'urane eux-mêmes ont pu éprouver dans ces circonstances, cet auteur se borne à indiquer de simples changements de coloration.

En réalité, il existe le plus souvent une étroite corrélation entre les transformations provoquées par la combinaison d'uranium et celles qu'elle subit

(1) Ebelmen, *Ann. Chim. Phys.*, 3e série, t. 5, 1842, p. 198.
(2) Aloy et Rodier, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 27, 1920, p. 101.
(3) D. Berthelot et Gaudechon, *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 26.
(4) Neuberg, *Bioch. Zeitsch.*, t. 13, 1908, p. 305.

elle-même. Le cas des oxydations et réductions est particulièrement intéressant.

Lorsqu'on ajoute à une solution d'acétate d'urane à 1 pour 100 un accepteur d'oxygène tel que l'alcool ou le glucose, il ne se produit, même à chaud, aucune réaction. Mais si l'on expose la solution à une vive lumière, l'acétate est réduit avec dépôt d'un précipité violet d'oxyde uranoso-uranique

$$U^3O^8.2H^2O,$$

en même temps que l'accepteur est oxydé. Les sels à acides minéraux, chlorure, sulfate, nitrate, donnent lieu au même phénomène à condition d'être à peu près neutralisés.

L'on peut du reste donner à l'expérience une autre forme plus démonstrative : à la solution d'acétate légèrement acidifiée par l'acide acétique, on ajoute un accepteur d'oxygène (glucose) et un accepteur d'hydrogène (bleu de méthylène), et l'on expose au soleil dans une ampoule où l'on a préalablement fait le vide. Comme précédemment, le glucose est oxydé, et, de plus, le bleu décoloré. Tout se passe comme si les ions OH^- de l'eau ionisée se portaient sur le glucose pour l'oxyder et les ions H^+ sur le bleu de méthylène pour le transformer en leucodérivé.

Si on laisse rentrer l'air et si l'on agite, le bleu de méthylène se recolore et la réaction peut se poursuivre par une nouvelle exposition à la lumière. L'acétate d'urane, dans cette expérience, joue le rôle des ferments oxydo-réducteurs [1].

Un grand nombre de combinaisons organiques oxygénées, comme le glucose, peuvent servir d'accepteur d'oxygène, et l'on peut suivre la marche de la réaction par la réduction de l'acétate d'urane ou la réduction du bleu de méthylène.

Les aldéhydes nous paraissent constituer les meilleurs accepteurs : en présence de formol ou d'éthanal, la réduction de l'acétate est presque immédiate; les cétones grasses sont au contraire difficilement attaquées.

Les alcools sont également de bons accepteurs : l'addition d'alcool ordinaire à la solution d'acétate d'urane provoque un trouble très manifeste après quelques minutes d'insolation; la réduction est beaucoup plus lente avec les alcools de rang élevé, heptylique, octylique.

Cas des phénols. — Parmi les fonctions oxygénées, les phénols occupent dans ces réactions une position particulière; ceux qui sont très oxydables par l'oxygène libre ne peuvent servir d'accepteur d'oxygène.

(1) Abelous et Aloy, *Comptes rendus*, t. 137, 1903, p. 1; t. 139, 1904.

Quand on ajoute à une solution de mono ou de polyphénol quelques cristaux d'acétate d'urane, la solution prend une coloration rouge.

Cette solution insolée ne présente, même après un temps très long, aucune modification, en apparence du moins.

On ne peut mettre en cause l'action antiactinique de la solution rouge, car si l'on plonge dans cette solution un tube à essai renfermant la solution d'acétate d'urane additionnée de glucose, l'acétate est réduit.

Bien plus, l'addition d'un phénol au système acétate d'urane et glucose empêche l'oxydation de ce sucre et la réduction de l'acétate. Le phénol joue ici le rôle d'antioxygène. Le phénomène est particulièrement net avec l'hydroquinone.

La théorie exposée par Ch. Moureu et Ch. Dufraisse [1] permet d'interpréter facilement les faits observés. On peut admettre que le sel d'urane oxyde le phénol pour former : phénol (O) d'après la notation adoptée par ces savants, et ce peroxyde instable rétrocède l'oxygène fixé au sel d'urane pour le ramener à l'état initial, de sorte qu'il n'y a aucune réaction apparente.

Il ne nous a pas été possible d'isoler la substance qui communique à la solution de phénol sa coloration rouge, mais nous avons pu mettre en évidence la réduction du sel uranique de la façon suivante :

A une solution d'hydroquinone à 0,2 pour 100 nous ajoutons quelques cristaux d'acétate d'urane, de façon à obtenir la coloration rouge caractéristique; puis cette solution est portée à 100°. Il se dépose après quelques minutes un précipité violet, qui est lavé et dissous dans l'acide chlorhydrique dilué. La solution présente les réactions et le spectre des sels uraneux.

La formation du précipité violet uranoso-uranique démontre l'existence dans la solution rouge du sel uraneux et s'accorde avec l'hypothèse que nous avons émise.

MINÉRALOGIE. — *Les prochlorites des roches à corindon.* Note de M. J. Orcel.

Le corindon des gisements de la côte est des États-Unis est toujours associé à un grand nombre de phyllites diverses parmi lesquelles des chlorites, de composition chimique assez constante, occupent une place impor-

---

(1) Ch. Moureu et Ch. Dufraisse, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 124.

tante. Certaines d'entre elles, la corundophyllite $\left(\text{pour laquelle le rapport } \frac{SiO^2}{R^2O^3} = 1,5\right)$ et l'amésite $\left(\frac{SiO^2}{R^2O^3} = 1\right)$ sont les plus alumineuses connues; elles ont été trouvées dans le gisement de Chester; mais les plus abondantes dans ces gisements ont été rattachées par F.-A. Genth (1) au groupe des prochlorites. Elles se présentent dans les veines de corindon sous deux formes : 1° en tables hexagonales plus ou moins déchiquetées sur les bords (atteignant parfois plusieurs centimètres de côté); elles sont mélangées au corindon, parfois au spinelle, dans le centre de la veine; 2° en masses cristallines compactes formant des zones, d'épaisseur variable, sur les bords de celle-ci, au contact des roches encaissantes (péridotites ou gneiss) (2).

Leur dureté varie de 1 à 2, leur densité de 2,60 à 2,90. Elles sont optiquement positives; l'angle de leurs axes optiques est très variable suivant les plages étudiées et voisin de $2E = 30°$; leur biréfringence est comparable à celle du clinochlore (0,010).

Leurs indices sont très voisins des valeurs moyennes suivantes :

$$n_g = 1,587, \qquad n_m = 1,582, \qquad n_p = 1,576.$$

Ils sont un peu plus faibles que ceux du clinochlore, et voisins de ceux de la pennine.

Au point de vue chimique, les prochlorites des gisements de corindon se distinguent des prochlorites habituelles par leur faible teneur en fer ferreux, particularité très spéciale en rapport avec leur mode de formation probable (cristallisation du corindon au sein d'une péridotite pauvre en fer). Les analyses suivantes mettent ce fait en évidence; seule la chlorite associée à l'émeri d'Asie Mineure (α) fait exception à cette règle et constitue une véritable prochlorite ferreuse comparable, par exemple, à la prochlorite du mont des Sept-Lacs (β).

A, prochlorite (largement foliacée) de Culsagee Mine, près Franklin, Macon Cy, Caroline du Nord, analysée par F.-A. Genth (3); B, id., analysée par Chatard (3); *a*, prochlorite finement écailleuse entourant le corindon, analysée par Genth (3); C, prochlorite (largement cristallisée, associée au corindon et au spinelle) de Demo-

---

(1) F.-A. Genth, *Corundum, its alteration and associated minerals* (*Proc. of. the Am. philosophical Society*, *Philadelphie*, t. 13, 1873, p, 361).

(2) Pratt et Lewis, *Corundum and the peridotites* (*North Carolina Geol. Survey*, vol. 1, 1905).

(3) Genth, *loc. cit.*, p. 395.

crat, Carter Mine, Madison Cy, analysée par J. Orcel; D, chlorite d'Unionville, Chester Cy, Pennsylvanie, analysée par Chatard (1); *b*, la même, analysée par A.-R. Leeds (2); E, chlorite de Gainesville, Hall Cy, Géorgie, analysée par G.-A. Kœnig (3); F, grochauite de Grochau (4), analysée par Bock; α, prochlorite ferrugineuse de Gumuch-Dagh (Asie Mineure), analysée par J.-L. Smith (5); β, prochlorite ferrugineuse du mont des Sept-Lacs, analysée par Marignac (6).

	A.	B.	*a*.	C.	D.	*b*.	E.	F.	α.	β.
SiO^2	27,56	27,17	29,48	27,35	29,43	30,62	30,33	28,20	27,20	27,14
TiO^2	"	"	"	traces	"	"	"	"	"	"
Al^2O^3	22,75	22,35	22,22	25,30	22,08	21,73	20,90	24,56	18,62	19,19
Fe^2O^3	2,56	2,71	0,70	0,53	1,41	0,42	4,00	"	"	"
FeO	5,43	5,43	5,30	5,19	5,64	5,01	4,11	5,27	23,21	24,76
(Ni, Co)O	0,30	0,26	0,11	"	"	"	"	"	"	"
MnO			0,17	traces						
MgO	28,47	27,73	30,99	29,91	28,46	29,69	27,79	30,94	17,64	16,78
Li^2O	"	"	"	"	"	0,11	"	"	"	"
Na^2O	"	"	"	"	"	0,14	"	"	"	"
H^2O_-	13,80	14,36	11,63	0,08	12,40	12,26	12,62	12,15	10,61	11,50
H^2O_+				12,09						
	100,87	100,01	100,60	100,45	99,42	99,98	99,75	101,12	97,28	99,37
$\frac{MgO}{FeO}$ (en moléc.)	9,48	9,24	10,46	10,38	9,12	10,75	12,18	10,59	1,36	1,21

Les analyses A, B, C, D, E conduisent à une formule empirique voisine de $2SiO^2$, Al^2O^3, 3(Mg, Fe)O, $3H^2O$; les analyses *a* et *b* sont plus voisines de $2SiO^2$, Al^2O^3, 4(Mg, Fe)O, $3H^2O$. En admettant que la perte au feu indiquée dans la plupart de ces analyses exprime seulement l'eau de constitution du minéral, on peut, dans la théorie de M. Vernadsky (7), envisager ces minéraux comme des sels acides (renfermant 6H non saturés) des acides $Al^2Si^2O(OH)^{12}$ (correspondant à la première formule) et $Al^2Si^2(OH)^{14}$ (correspondant à la deuxième formule). Ces acides sont très fréquents dans le groupe des prochlorites. Ils dérivent de l'anhydride $Al^2Si^2O^7$ (leverriérite) par combinaison avec $6H^2O$ ou $7H^2O$. Malgré cette analogie les prochlorites des roches à corindon se distinguent nettement

(1) GENTH, *loc. cit.*, p. 395.
(2) LEEDS, *Am. Journ. of Sc.*, 3e série, t. 6, p. 25.
(3) GENTH, *loc. cit.*, p. 366.
(4) WEBSKY, *Zeitschr. Geol. Ges.*, t. 25, 1873, p. 395.
(5) J.-L. SMITH, *Am. Journ. of Sc.*, t. 11, 1861, p. 65.
(6) MARIGNAC, *Ann. de Chim. et de Phys.*, t. 14, p. 56.
(7) VERNADSKY, *Bull. Ac. Sc. St-Pétersbourg*, 1909, (6), 3, p. 1183-1202.

des prochlorites ferrugineuses par leurs propriétés optiques et surtout par la valeur du rapport $\frac{MgO}{FeO}$ qui est voisin de 10 pour les premières, et est compris entre 1 et 3 pour les secondes. Par leurs compositions chimiques et leurs propriétés physiques, les premières sont à rapprocher de la *grochauite* de Grochau (Silésie) (analyse F), et je propose de leur étendre ce nom.

En résumé, il semble donc légitime de considérer parmi les prochlorites deux groupes distincts :

1° Le groupe des prochlorites ferrugineuses ou *ripidolites* défini par le rapport $\frac{MgO}{FeO} \leqq 3$ et une biréfringence très faible analogue à celle de la pennine (0,001 à 0,005).

2° Le groupe des prochlorites magnésiennes pour lesquelles le rapport $\frac{MgO}{FeO}$ est voisin de 10 et qui possèdent une biréfringence analogue à celle du clinochlore (0,010); elles ont été souvent confondues avec ce minéral. On peut leur réserver le nom de *grochauite*.

GÉOLOGIE. — *La nappe du Labourd, pays basque français.* Note de M. **Pierre Viennot**, présentée par M. Pierre Termier.

Le massif gneissique du Labourd intéresse, tant par lui-même que par ses dépendances tectoniques immédiates, quatre feuilles de la Carte géologique de France : Mauléon, Orthez, Bayonne et Saint-Jean-Pied-de-Port. Sa signification structurale a été fort controversée jusqu'ici. La plupart des géologues qui l'ont étudié, en particulier M. Fournier, le considèrent comme un horst en place, bordé par des compartiments effondrés de terrains secondaires; les divers éléments seraient délimités par le Flysch du Crétacé supérieur régulièrement transgressif. Cependant, dès 1911, MM. Pierre Termier et Léon Bertrand mettaient en évidence l'importance des actions tangentielles dans le Pays basque, et étayaient sur un certain nombre d'observations le chevauchement vers le Nord du massif de Labourd et de ses annexes. L'étude détaillée que je viens de faire de ces accidents me permet actuellement d'en donner une interprétation structurale synthétique.

Le massif gneissique du Labourd appartient bien à une nappe flottant sur le Flysch. — 1° Les caractères géométriques de la ligne du contact entre le gneiss et le Flysch sont démonstratifs : cette ligne correspond à une surface

de charriage plongeant, au Sud, sous le massif gneissique; elle présente dans les vallées de profondes indentations. 2° Le Flysch ne montre jamais aux abords du massif ancien les caractères de la transgressivité : on n'observe ni conglomérat de base, ni faciès de bordure particulièrement gréseux, mais, presque partout, c'est le Flysch à faciès schisteux qui touche les gneiss; presque partout aussi la direction des couches du Flysch se montre absolument indépendante du massif ancien. 3° De très belles mylonites gneissiques, d'allure généralement fluidale, se rencontrent dans la zone de contact, en particulier le long du grand contour de la route, au NE de Larrartia. 4° Enfin, à l'Ouest de Larrartia, s'observe un régime de minces écailles alternantes de gneiss mylonitique et de Flysch schisteux tout à fait probant.

Vers l'Est et vers le Nord, on rencontre au voisinage du massif gneissique *plusieurs lambeaux appartenant à la même nappe*. Le plus important, constitué de gneiss, de quartzites et de schistes paléozoïques, de Trias, de Jurassique et de divers niveaux du Crétacé (Aptien, Albien, Cénomanien) débute sur l'angle NW de la feuille de Mauléon, prend en écharpe l'angle SW de la feuille d'Orthez et se prolonge sur la feuille de Bayonne à peu près jusqu'au méridien d'Hasparren. Au SW, ce grand lambeau est séparé du massif gneissique par le Flysch, substratum de la nappe. Le complexe plissé des terrains secondaires est séparé de ce Flysch par une zone mylonitique et continue de terrains anciens, où dominent les gneiss, mais où se rencontrent des blocs souvent énormes de quartzites attribuables à l'Ordovicien et de schistes carburés gothlandiens. La forme des contours de cette bande mylonitique, très instructive, montre que la surface de chevauchement plonge vers le NE avec un angle variable, qui par endroits ne dépasse pas 15° : c'est ainsi que la mylonite s'étend en un manteau sur le flanc nord du sommet coté 350 (3^{km} SE de Bonloc), dont toutes les autres faces sont occupées par le Flysch. Sous cette mylonite et à son intérieur s'observent *des lames de terrains renversés :* dolomie triasique à la limite des feuilles de Mauléon et d'Orthez, ophite au SE de la cote 199 (route de Saint-Esteben à Bonloc), ophite avec marnes et calcaires probablement liasiques au col séparant les cotes 350 et 271.

Cette même mylonite, généralement réduite à l'état de blocs de quartz et de quartzites siluriens (dont certains ont un volume de 200^{m^3}), se retrouve à l'Est du lambeau, avec les grès du Flysch du substratum : cette zone mylonitique a été marquée en gneiss sur la feuille de Mauléon, en A (éboulis) sur la feuille d'Orthez; elle peut se suivre jusqu'à l'Ouest

d'Ayherre, et, dans cette direction, on observe encore, à la bifurcation de la route de Labastide, un amoncellement de blocs énormes de quartzites à filons de quartz, dont le volume varie de 10^{m^3} à 150^{m^3}. Mais le bord oriental du lambeau se trouve recouvert par *un bourrelet anticlinal de Flysch à axe albien*, qu'un mouvement corrélatif de la mise en place de la nappe a déversé vers l'Ouest et le SW : ce bourrelet est l'équivalent de celui dont j'ai montré la signification tectonique depuis la Bigorre jusqu'au Pays basque, au bord des zones charriées. On observe sur la feuille de Mauléon, à l'Ouest d'Armendarits, la naissance de cet axe anticlinal albien, qui se suit sur la feuille d'Orthez, puis sur celle de Bayonne jusqu'au Sud de la cote 190 (Est d'Ayherre), où il disparaît à nouveau sous le Flysch. Ainsi, la zone déprimée de Saint-Martin-d'Arbéroue, d'Isturits et d'Ayherre a une signification tectonique : c'est *le bord oriental du grand lambeau de la nappe*. Dans cette zone déprimée et sous la mylonite quartzitique et gréseuse, on voit apparaître, à l'état de *fenêtres*, tout à fait dans les parties basses, des affleurements de calcaire gris spathique à radioles de *Cidaris* cf. *pyrenaica*, attribué au Cénomanien inférieur, complètement indépendant de tout le reste au point de vue tectonique. Au Sud de Saint-Martin-d'Arbéroue, c'est le Lias qui se montre en fenêtre, avec une direction NE-SW.

Quant au lambeau lui-même, il présente des couches très plissées, avec des *lacunes tectoniques*. Le Trias et le Lias manquent par endroits; la direction des couches fait avec celle du bourrelet un angle variable, parfois très grand. Une énorme masse de calcaire à Cidaris, dont la direction NE-SW est absolument constante, termine le lambeau vers le Sud, entre la route de Méharin à Saint-Estében et les environs d'Iholdy, où elle se morcelle. Cette masse est tectoniquement indépendante de tout ce qui l'environne, y compris le calcaire aptien fossilifère du lambeau, de direction N-S.

Vers l'Ouest, le lambeau s'émiette : entre Ayherre et Hasparren, *deux digitations*, l'une comportant des gneiss, du Silurien et de l'ophite, l'autre du Jurassique, courent sur les crêtes et se terminent en l'air, tandis que toutes les parties basses sont en Flysch. Entre Hasparren et Cambo apparaissent *d'autres lambeaux* très capricieux de Jurassique, *renversés* sous le bord du massif gneissique dont ils sont séparés souvent par une bande de Flysch. Au nord d'Itxassou se montrent le Carbonifère et le Trias, toujours *renversés et broyés*, avec un régime d'écailles alternantes très démonstratives.

Vers l'Est, entre Méharin et Iholdy, affleure largement *un autre lambeau*, surtout triasique, sous lequel le Flysch s'enfonce très nettement des

deux côtés. Sur sa bordure on peut relever des copeaux et des brèches tectoniques représentant les niveaux les plus divers, toujours extrêmement laminés : en plusieurs points, le calcaire jurassique se rencontre avec le calcaire cénomanien. Enfin, à $1^{km},5$ au SW d'Iholdy, un *dernier lambeau, complètement emballé dans le Flysch*, montre côte à côte les quartzites siluriens, l'ophite triasique, le calcaire liasique et le calcaire cénomanien.

Ainsi l'analyse révèle dans cette région du Labourd *une tectonique extrêmement complexe :* en dehors de l'élément essentiel du *massif gneissique*, la nappe a laissé sur le Flysch des *lambeaux véritablement déchiquetés* par les phénomènes orogéniques qu'ils ont subis; le rejaillissement du Flysch vers le Sud a encore compliqué les rapports des unités. Il s'agit là d'un style tectonique très particulier, caractéristique de la partie occidentale des Pyrénées.

GÉOLOGIE. — *Les faciès à Spongiaires du Sénonien du bassin du Beausset et leurs conditions de gisement.* Note de M. **Léon Moret**, présentée par M. Émile Haug.

L'attention n'avait pas été attirée jusqu'ici sur les faciès à Spongiaires du Crétacé supérieur du golfe de la Basse-Provence et les rares échantillons signalés l'avaient été dans des formations marno-gréseuses voisines des couches à Rudistes et Cœlentérés des environs de La Cadière et du Beausset [1].

Il existe pourtant, mais en des points très localisés, et dans le complexe des marnes et calcaires gréseux santoniens (c^7 de la Carte géologique au 80000[e]), des bancs remarquables par *l'accumulation de ces seuls organismes.*

Les couches qui contiennent ces *bancs à Spongiaires* sont situées dans la portion occidentale et en lisière du synclinal du Beausset, qu'elles suivent jusqu'à la mer, où elles viennent s'enfouir, écrasées sous le Trias de recouvrement.

Le meilleur gisement est à proximité de la Pointe Grenier; il faut franchir les accumulations de blocs de calcaires triasiques éboulés vers la mer pour constater que le Sénonien, lardé de Spongiaires cette fois, affleure de nouveau sous l'Hettangien, et sur plus de 100^m, avec une épaisseur moyenne de 5^m à 6^m.

---

(1) A. Toucas, *Mémoire sur les terrains crétacés du Beausset* (Var) (*Mém. Soc. Géol. France*, 2e série, t. 9, 1873).

Le chemin qui de la Madrague se dirige vers la Pointe Grenier en longeant la mer, permet de faire une bonne coupe de tous ces niveaux (¹); on a successivement de bas en haut :

1° Grès bleus marneux, micacés, avec petits bancs durs de calcaire gréseux, quelques Spongiaires branchus (*Pholidocladia*). Vers la Madrague, on y observe un lit à petits Gastropodes et Lamellibranches (Nucules) (*Tauroentum*).

2° Près d'une petite fontaine et au voisinage d'importants amas de poudingues et de sables quaternaires consolidés en grès : marnes bleues gréseuses, alternant avec des bancs bien lités de calcaire grisâtre de 10^{cm} à 20^{cm} d'épaisseur, cet ensemble, riche en spicules de Spongiaires. Intercalée dans cette formation, lentille zoogène à Bryozoaires et Spongiaires peu abondants.

La suite de la coupe est masquée par l'Hettangien dolomitique très fendillé.

3° Réapparition des grès bleus sénoniens s'effilant peu à peu vers la Pointe Grenier.

Ce dernier niveau n'est qu'un *empilement de Spongiaires*, dont on peut voir de fort beaux échantillons sur les blocs éboulés et lavés par les vagues.

On ne connaît rien, dans la nature actuelle, de comparable à ce « récif » crétacé, et les sédiments à Spongiaires fossiles ne présentent généralement pas cette densité d'individus. Les Lithistides et, parmi ces dernières, les Rhizomorines, sont dominantes, mais il existe quelques Hexactinellides et même des Pharétrones.

Beaucoup de ces Spongiaires, qui seront décrits ultérieurement, appartiennent à des espèces ou à des genres nouveaux, d'autres sont déjà connus dans le bassin anglo-parisien ou dans l'Allemagne du Nord. Ce sont les genres suivants :

a. LITHISTIDES. Groupe des Mégamorines : *Doryderma* Zittel, *Heterostinia* Zitt.

Groupe des Tétracladines : *Phymatella* Zitt., *Craterella* Schrammen, *Aulaxinia* Zitt., *Turonia* Michelin, *Thecosiphonia* Zitt., *Aerochordonia* Schr., *Discodermia* Bocage, *Rhagadinia* Zitt., *Astrocladia* Zitt., *Pholidocladia* Hinde, *Plinthosella* Zitt., *Pycnodesma* Schr.

Groupe des Rhizomorines : *Procorallistes* Schr., *Phalangium* Schr., *Verruculina* Zitt., *Azorica* Carter, *Sticophyma* Pomel, *Jereica* Zitt., *Scytalia* Zitt., *Leiochonia* Schr., *Chonella* Zitt., *Seliscothon* Zitt.

b. HEXACTINELLIDES : *Craticularia* Zitt., *Periphragella* Marshall, *Ventriculites* Mantell, *Plocoscyphia* Reuss.

c. PHARÉTRONES : *Elasmostoma* From. (²).

(¹) En gros, ces couches pendent vers le NE. Leurs conditions tectoniques spéciales motivent de fréquentes anomalies, à quelques mètres de distance.

(²) Citons encore parmi les Siliceuses, les curieux genres *Ophiraphidites* Carter et *Isoraphinia* Zitt., de position systématique indéterminée, et le genre *Propachastrella* Schr., voisin des Mégamorines.

Il n'y a ici ni Rudistes ni Cœlentérés, les fossiles commensaux sont des Échinides (*Cidaris clavigera, C. serrata*), de très abondants Bryozoaires et des Lamellibranches (*Ostrea, Neithea, Plicatula*). On a nettement l'impression que ces êtres se sont succédé sur place en eaux tranquilles et peu profondes.

Dans les parties riches du gisement, les grands Spongiaires en forme de feuilles (Rhizomorines) sont en effet littéralement stratifiés les uns sur les autres, avec une telle régularité qu'on les prendrait au premier abord pour de minces bancs sédimentaires; les autres individus se sont installés sur eux ou dans les intervalles. L'examen des Spongiaires montre que ces couches sont dans leur position normale, non renversées; elles sont constituées de petits bancs de 3^{cm} à 20^{cm}, alternativement fins (bancs durs) et un peu détritiques, la pâte de la roche est dans tous les cas formée de calcite grenue ou même granulaire, elle englobe des Foraminifères (Lagenas, Globigérines, Textilaires), des fragments de tests de Mollusques et de *Lithothamnium*, mais surtout des Bryozoaires.

Le quartz clastique et la glauconie sont rares, de même que les spicules isolés. De plus, les parties détritiques renferment de petits morceaux de roches voisines, indiquant la proximité de la côte.

Tous les micro-organismes et menus débris d'animaux divers sont plus ou moins silicifiés, les radioles d'oursins, les Pharétrones eux-mêmes sont atteints.

Le *squelette des Spongiaires est transformé en calcédoine, mais est conservé avec ses moindres détails de spiculation*, c'est ce qui fait le grand intérêt de ce gisement, car les échantillons peuvent très aisément s'extraire du calcaire par l'action d'un acide. Peu d'échantillons sont calcifiés, de sorte que la silice en excès qui imprègne les organismes calcaires ne peut guère s'expliquer que par l'existence d'un milieu primitivement riche en silice, favorable au développement des Spongiaires.

Le banc à Spongiaires est en somme inclus dans les grès marneux, parfois micacés (nº 2 de la coupe) avec petits bancs calcaires régulièrement intercalés à Lagenas et Globigérines, le tout riche en spicules et calcédonieux.

Si l'on s'éloigne latéralement vers l'est, on constate que les spicules diminuent en nombre et qu'à partir de 200^{m} à 300^{m} ils ont presque complètement disparu des grès bleus. Il y a donc une *relation évidente entre les bancs à Spongiaires et les grès à spicules*, et la présence de spicules dans les *couches de base* du gisement prouve que les colonies de Spongiaires existaient déjà quelque part au large. En outre, les intercalations de calcaires

à spicules et éléments pélagiques semblent annoncer le léger approfondissement des eaux qui va favoriser l'établissement des Spongiaires par développement latéral de stations préexistantes, et que des recherches systématiques permettraient sans doute de retrouver.

GÉOLOGIE. — *De l'Immidir, feston de l'Enceinte Tassilienne (Sahara Central).* Note (1) de M. C. **Kilian**, transmise par M. W. Kilian.

Lors de ma mission en pays Targui, j'ai pu constater que l'« *Enceinte Tassilienne* » (2) se présente dans l'Immidir (ou Mouydir) de la façon suivante :

Quand on vient d'Amguid, — après la traversée de l'Erg d'Amguid, et de l'Oued Raris, — on rencontre un éperon de grès venant du N appelé In Touareren (ou Mongar-Tir), qui domine le *pays cristallin*.

J'ai constaté là à la base des grès, et au-dessus des schistes cristallins, la présence de *conglomérats* comme dans la région Tassirt-Iskaouen.

Cet éperon est donc en *grès inférieurs* (3) et appartient ainsi à la zone des *Tassilis internes* (4).

Il est séparé par la large vallée de l'Oued Tidileckerer de la falaise E des plateaux de l'Immidir.

Après la traversée du Reg de cet Oued, on arrive à cette falaise qui, plus au S, se continue par les monts Ihedran et de Raris. C'est l'escarpement qui termine les *Tassilis internes* de l'Immidir, sur les pays cristallins (ici elle est orientée N-S); plus au S, elle prend une orientation NE-SW, pour, après avoir été E-W, se retourner SW-NE et gagner la région de Tadjemout.

Cette falaise forme ainsi la limite sud du feston de plateaux de l'Immidir; dominant les pays cristallins de Raris et d'Aseksem.

Elle présente une échancrure : l'Oued Tin Tarahit.

Là la piste escalade l'escarpement et l'on parvient sur des plateaux de *grès inférieurs* qui représentent les *Tassilis internes* de l'Immidir. Ils sont doucement inclinés vers l'W.

On descend alors progressivement dans une région déprimée dite de

(1) Séance du 16 avril 1923.

(2) Voir à ce sujet ma dernière Communication dans le *Compte rendu sommaire des séances de la Société géologique de France* du 9 avril 1923.

(3) Nous appelons *grès supérieurs des Tassilis* les grès non fossilifères qui sont au-dessus des schistes alunifères à Graptolithes et *grès inférieurs* ceux qui sont en dessous et au-dessus de la discordance Tassilienne.

(4) Voir *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 825.

Tiounkenin, où affleurent sur le flanc W des *schistes alunifères à Graptolithes*. Cette dépression est donc l'analogue du Tahihaout, de la dépression de Tounourt, etc.

On y trouve un gisement abondant de *Graptolithes* au voisinage immédiat du puit-abankor de Tiounkenin.

Le *sillon* que nous avons indiqué dans la région type Tassirt-Iskaouen, correspondant à l'affleurement des *schistes à Graptolithes*, existe donc également dans la partie NE de l'Immidir.

Vers le S de Tiounkenin, il décrit un feston et gagne la cuvette de Taoulaoun.

Après Tiounkenin, nous rencontrons la seconde zone de plateaux, les « *Tassilis externes* » de l'Immidir, en *grès supérieurs* toujours inclinés vers l'W, dans les monts de Khanget el Hadid.

A la partie externe, au-dessus des *grès supérieurs des Tassilis*, il y a lieu de signaler des grès *dévoniens* avec un abondant gisement de fossiles, aux environs immédiats de l'aguelmam Hindebera.

Je crois devoir formuler toutes *réserves* au sujet de la *concordance* de ce *Dévonien* avec les *grès supérieurs des Tassilis*.

Les *Tassilis externes* se terminent à l'W par le plongement des grès sous la plaine du Mâder Amserha.

Vers le S, les *Tassilis externes* de l'Immidir s'incurvent pour prendre une direction EW, puis SE-NW, et remontent ensuite vers le N de Taoulaoun dessinant un feston comme les *Tassilis internes*, le pendage général restant constamment dirigé vers le centre du croissant.

J'ai traversé la corne N-O du feston de l'Immidir à Aïne-Redjem. Là, l'Immidir projette vers le N une série de dômes, allongés N-S; ce sont les monts d'Aïne-Redjem, Idjeran, et Azaz (Aïne-Kahla).

La surface générale de ces dômes allongés m'a paru constituée par les *grès supérieur de Tassilis*.

L'anticlinal du Djebel Idjeran est « éventré » par l'érosion et les *schistes alunifères à Graptolithes* doivent y être mis à nu probablement là où l'on signale des palmiers; dans l'axe de l'anticlinal d'Aïne-Kahla les *schistes cristallins* eux-mêmes sont atteints.

Vers le S, cette région anticlinale de la corne N-O du feston de l'Immidir est également largement « éventrée ». Son décapage a déterminé l'avancée du « *pays cristallin* » vers le N, qui sépare le feston Tassilien de l'Immidir de celui de l'Ahnet-Acedjerad (situé au SW).

Autour de cette avancée du *pays cristallin*, il semble qu'on puisse dis-

tinguer toujours les mêmes zones : les lèvres supérieures de « la plaie » en *grés supérieurs des Tassilis*, puis la zone déprimée des *schistes alunifères* (cuvette de Taoulaoun), puis les *grés inférieurs des Tassilis* qui se terminent en falaise au bord de la cuvette de Tadjemout en discordance (la *discordance Tassilienne*) sur les *schistes cristallins* de l'avancée Tadjemout-Arack.

Les pays de la corne N-E, par l'étude desquels nous avons débuté dans cette Note, bordent également une région anticlinale arasée, une avancée du *pays cristallin*, le pays d'Amguid, qui sépare l'Immidir des Tassilis des Azgueurs situés plus à l'Est.

Ainsi, nous constatons combien est grande la similitude de structure qui existe entre l'Immidir et la région la plus occidentale des Tassilis des Azgueurs, la région Tassirt-Iskaouen dont nous avons donné la coupe précédemment. *Ce sont là des parties* de l'ensemble homogène, de l'*unité structurale*, très accusée que nous avons distingué sous le nom d'« *Enceinte Tassilienne* » et qui comprend, autour du pays cristallin de l'Ahaggar, les monts et plateaux gréseux des Tassilis des Azgueurs, de l'Immidir, de l'Ahnet, du Tassili N'Adrar, du Tassili N'Tin Rerhoh, et des Tassilis Tan Ahaggar (pour ne citer que les plus importants).

BIOGÉOGRAPHIE. — *Esquisse du peuplement de l'Europe par les espèces du genre* Choleva *Latr.* Note de M. **René Jeannel**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Une revision du genre *Choleva* Latr. [*Coleoptera Silphidæ*], en cours d'impression dans *L'Abeille*, vol. 32, m'a permis de reconstituer l'histoire géologique du groupe pendant la deuxième moitié du Tertiaire. La voici, brièvement résumée, telle qu'elle résulte de l'étude critique de la distribution actuelle des lignées d'espèces.

La différence complète des *Choleva* sur les restes des deux Egéides indique que les lignées spéciales à l'Egéide méridionale ont dû y parvenir, venant d'Asie, avant le milieu du Miocène, alors que le sillon Transégéen recevait encore des dépôts marins. La lignée du *Ch. agilis*, si abondamment représentée par des espèces spéciales, sur l'Égéide méridionale, a dû s'installer en Europe, venant d'Asie, vers cette époque, les espèces égéennes arrivant par le sud des mers Aralo-Caspiennes, le *Ch. agilis* par le nord et se répandant ainsi dans toute l'Europe. Des descendants de la souche primitive

asiatique existent d'ailleurs encore, en Asie centrale (*Ch. agilis*, *Ch. Matthiesseni*), dans la Foundra sibérienne (*Ch. sibirica*), dans le Turkestan (*Ch. lateritia*).

A cette époque où la lignée du *Ch. agilis* s'installait en Europe, d'autres espèces de *Choleva*, vraisemblablement originaires des « asiles » constitués par les massifs anciens extra-alpins, se sont aussi largement répandues sur le continent au nord et à l'ouest des Alpes, pendant que d'autres se différenciaient sur les massifs méditerranéens isolés et dans les jeunes chaînes montagneuses de l'Europe moyenne.

De bonne heure, peut-être avant l'effondrement du bassin de Vienne (Schlier), le *Ch. nivalis*, originaire du massif de Bohême, a colonisé les Alpes, où il a donné naissance au *Ch. Breiti*. Après le retrait de la mer du détroit de l'Oder (fin du Schlier) le *Ch. nivalis* a pu se répandre dans la grande presqu'île formée par les Carpathes au milieu des mers Sarmatiques et acquérir ainsi sa distribution actuelle.

Le *Ch. Doderoi* de Sardaigne, dérivé de la même souche que le *Ch. nivalis*, a gagné la Tyrrhénis venant directement des Alpes, par la Provence.

Le *Ch. Solarii* des Apennins est très étroitement allié au *Ch. biharica* d'Herzégovine et n'a par contre que des affinités lointaines avec les espèces des Alpes. Il n'a pu venir du massif Dinarique que directement, à travers l'Adriatis; mais les données géologiques n'apportent guère de précisions sur l'époque, certainement ancienne, où des connexions continentales directes ont pu permettre cette migration.

Sur le continent européen extra-alpin, un bon nombre d'espèces de *Choleva* se sont largement répandues, dès le Miocène, depuis le nord de la Russie jusqu'aux Pyrénées. La plupart d'entre elles se sont scindées en deux races, l'une probablement spéciale à l'extrême nord de l'Europe, l'autre répandue dans l'Europe moyenne et occidentale. La différenciation de ces deux races a porté surtout sur les caractères sexuels secondaires, surtout sur ceux de l'organe copulateur mâle et femelle et des trochanters du mâle, les caractères extérieurs, la forme générale, étant déjà parfaitement fixés à cette époque et peu susceptible de varier. Nous voyons en effet que les espèces actuelles descendant de ces deux groupes de races primitives sont couplées, les deux espèces de chaque couple ayant des distributions différentes, mais étant très semblables par leurs caractères extérieurs et ne différant guère que par des caractères sexuels très tranchés. C'est ainsi que *Ch. Sturmi* et *Ch. Fagniezi*, *Ch. cisteloides* et *Ch. angustata* sont des exemples typiques de tels couples.

Pendant la fin du Tertiaire, tous ces *Choleva* de l'Europe extra-alpine se sont peu à peu infiltrés vers le Sud, au fur et à mesure du retrait des mers de l'Europe centrale; mais c'est surtout à la fin du Pliocène qu'ils ont effectué d'importantes migrations. Vraisemblablement sous l'influence progressive des périodes glaciaires, toutes les espèces ont été alors refoulées vers le Sud et l'Ouest.

Les espèces de l'Europe centrale ont émigré vers l'Ouest, laissant sur place, dans des refuges, quelques colonies sporadiques, jalons actuels de leur ancienne répartition. Ces espèces sont aujourd'hui confinées sur le versant atlantique de l'Europe et ont survécu, malgré la glaciation, dans les îles Britanniques qu'elles occupaient depuis le Miocène. Elles ont maintenant une distribution du type nommé « Lusitanien » ([1]), mais que je crois préférable d'appeler « atlantique » car ces *Choleva*, en particulier, font défaut dans la péninsule Ibérique.

Les espèces septentrionales ont subi le même refoulement vers l'Ouest. Émigrant à la suite des premières, elles ont pris leur place dans l'Europe moyenne et sont devenues ces espèces que J. Saint-Claire Deville a appelées « hercyniennes », parce qu'elles semblent de nos jours localisées sur la zone hercynienne de l'Europe. Les *Choleva* hercyniens ont atteint la Méditerranée alors que les îles Ioniennes et la Sicile étaient encore rattachées au continent; par contre, retardés dans leur marche vers l'Ouest par la rigueur du climat, ils ne sont parvenus dans le nord-ouest de la France qu'après la formation du Pas de Calais et n'ont pas pu passer en Angleterre.

La limite de la migration vers l'Ouest des *Choleva* hercyniens s'est stabilisée à peu près sur le méridien de Paris. Cette limite correspond probablement aux régions où les espèces atlantiques ont cessé de leur céder la place.

Ajoutons que dès la fin du Pliocène, après le retrait de la mer du bassin Pannonien et avant la formation du Danube, des *Choleva* dinariques, avec bien d'autres groupes, sont passés dans les Carpathes du Banat et les monts de Bihor, et que, dès la fin du Glaciaire, les *Choleva* hercyniens ont repris possession en grande partie des territoires septentrionaux qu'ils avaient auparavant abandonnés.

Actuellement nous voyons les *Choleva* toujours très localisés dans des habitats spéciaux, sommet des montagnes, pierres enfoncées, ou même

---

([1]) J. SAINTE-CLAIRE DEVILLE, *Études de Zoogéographie* (*Ann. Soc. ent. Belg.*, t. 61, 1921, p. 390).

myrmécophiles (*Ch. dorsigera*). Presque tous sont lucifuges, beaucoup colonisent les grottes ou vivent normalement dans les terriers des Taupes, des Lapins, des Hamsters. L'éthologie des espèces actuelles s'accorde donc bien avec cette idée que les *Cholcya* sont des éléments anciens de la faune de l'Europe.

ANATOMIE. — *La lobation du rein fœtal chez les Primates.* Note de MM. R. Anthony et F. Villemin, présentée par M. E.-L. Bouvier.

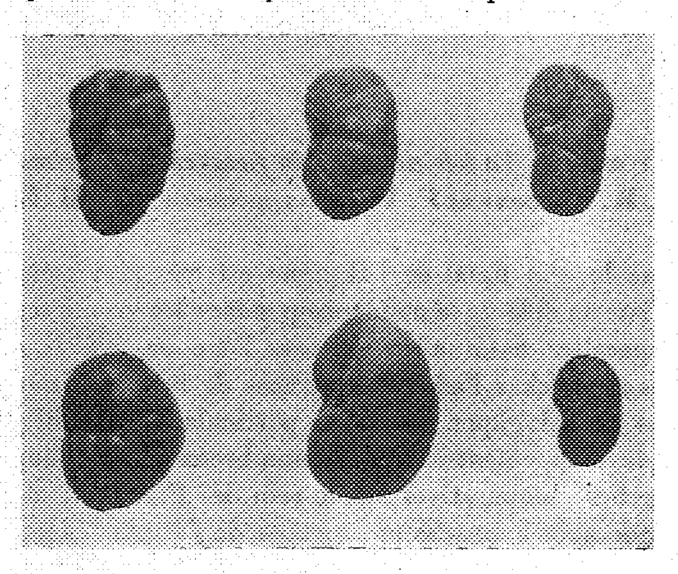
On sait que le rein fœtal de l'Homme est très nettement lobé. Cette lobation persiste au delà de la naissance pendant les premières années de la vie pour disparaître habituellement vers l'âge de 5 à 6 ans. On rencontre parfois aussi chez l'adulte des traces de lobation indépendante de tout processus pathologique. La même particularité a d'ailleurs été constatée dans le développement du rein de nombreux autres Mammifères.

Nos recherches comparatives sur le rein des Primates, et particulièrement celles que nous avons faites à propos de l'étude des matériaux de la mission Rohan Chabot en Angola, nous ont amené à noter que le rein des Prosimiens, des Platyrrhiniens et des Catarrhiniens ne présentait à aucun moment de la vie intra-utérine de trace de lobation. Le rein fœtal du Gibbon se comporte sous ce rapport comme celui des Catarrhiniens (Deniker); par contre, celui du Gorille et du Chimpanzé présente une lobation, mais qui n'est jamais aussi accusée que chez l'Homme. En ce qui concerne l'Orang, nous ne possédons aucune donnée.

L'un de nous a récemment montré (¹) que la lobation du rein qui se rencontre normalement à l'âge adulte chez quelques Mammifères, comme par exemple les Loutres, les Ours, les Éléphants, et, à un degré particulièrement accusé, les Pinnipèdes et surtout les Cétacés, est sous la dépendance de l'ensemble des conditions capables d'augmenter la sécrétion urinaire : grand volume somatique (Éléphant), habitat sous de froids climats et plus encore dans une ambiance aquatique (Loutre, Pinnipèdes, Cétacés), absence de glandes cutanées (Éléphants, Cétacés), etc. On conçoit que, lorsque, comme pour les Cétacés, toutes ces conditions sont réunies, la lobation doive être accusée à son maximum. L'exiguïté de la taille, l'habitat dans des régions chaudes et l'augmentation de la sécrétion sudorale qu'il

(¹) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 1174.

entraîne doit avoir réciproquement pour conséquence un affaiblissement de la tendance à la lobation rénale. C'est de cette manière qu'il semble que doive s'expliquer l'absence complète, même très près du terme, de lobation



En haut, reins de fœtus humains mâles ayant 6 mois et demi environ de vie intra-utérine. De gauche à droite : Français, Betsimisaraka; Nègre Foulbé.
En bas, reins fœtaux de Singes : fœtus de Gorille répondant à peu près à un fœtus humain de 6 mois; fœtus de Chimpanzé (Tschego) répondant à peu près à un fœtus humain de 8 mois; fœtus de Cercopithèque près du terme. (Grandeurs naturelles.)

rénale chez les fœtus de Primates de petite taille qui vivent tous sous de chauds climats; nous avons observé d'ailleurs, chez des fœtus près du terme de nombreux Catarrhiniens, que la vessie ne dépasse pas le bord supérieur des pubis alors que chez des fœtus humains de même âge elle est beaucoup plus spacieuse, remontant jusqu'au voisinage de l'ombilic. La présence d'une lobation très accusée dans le rein fœtal de l'Homme de nos pays paraît en rapport tout à la fois avec la grande taille de l'organisme humain et la nature de notre climat. Le Chimpanzé et le Gorille, Primates de grande taille, mais dont la vie s'exerce sous un climat tropical, sont à cet égard intermédiaires entre l'Homme de nos pays et les Catarrhiniens.

Des observations comparées, sur des fœtus humains de différentes races, ont d'ailleurs pleinement corroboré ces conclusions. Nous avons examiné la face extérieure du rein sur trois fœtus humains de sexe mâle et au même état de développement, mais dont l'un était un français, l'autre un nègre Foulbé et le troisième un malgache (Betsimisaraka). Chez les deux der-

niers spécimens, de race tropicale, nous avons constaté que la lobation rénale était beaucoup moins accusée que chez le premier, très semblable à celle que l'on constate chez un fœtus de Gorille ayant à peu près le même âge.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Diffraction de la lumière par les cils.* Note de M. **Radu Vladesco**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Lorsque le soir on regarde une source de lumière située à une distance dépassant généralement un mètre, on voit, si l'on tient les paupières à peine entr'ouvertes, un faisceau de lumière perpendiculaire sur le plan des cils.

En examinant attentivement ce faisceau, on aperçoit, après quelques instants, une striation perpendiculaire sur la direction de ce faisceau, donc parallèle au plan des cils. Avec un peu de patience on peut se rendre compte que cette striation consiste dans une succession de franges alternatives : claires et obscures. Cette constatation prouve d'une manière évidente qu'il s'agit là d'un phénomène de diffraction, analogue à celui qui se produit dans un réseau optique.

Où se trouve dans ce cas le réseau? L'aspect général du phénomène nous oblige de l'attribuer aux cils.

On sait d'ailleurs depuis les recherches de Henle, de Kölliker, etc., que l'enveloppe la plus superficielle des poils est constituée par des écailles superposées l'une sur l'autre (disposition imbriquée). Dans un même poil les dimensions des écailles varient suivent la région considérée : racine, tronc, pointe. Voici par exemple ces dimensions dans le tronc d'un poil humain d'après Kölliker :

Épaisseur	$0^{mm},002 - 0^{mm},005$	
Largeur	$0,020 - 0,060$	(même plus)
Longueur (sens longitudinal du poil)	$0,010 - 0,040$	

Examinées à l'état isolé, les écailles se présentent comme des plaques de verre mat transparent, sans granulations pigmentaires, sans lacunes remplies d'air et, dans la plupart des cas sans noyau visible, même dans les poils noirs les écailles sont incolores et transparentes.

La disposition imbriquée explique les lignes foncées qu'on voit à la surface des poils lorsqu'ils sont examinés au microscope. Ces lignes représentent les bords libres des écailles. La distance qui sépare ces lignes, donc la largeur des portions découvertes des écailles, varie à partir de $0^{mm},002$ et peut dépasser $0^{mm},006$.

Étant données les dimensions de ces écailles, les cils peuvent se comporter comme des réseaux optiques : les rayons de lumière tombent sur les cils et sont diffractés au niveau des écailles. Les franges d'interférence sont interceptées par la cornée transparente et sont perçues comme des images entoptiques ([1]).

Si les choses se passent ainsi, il faut évidemment que la longueur d'onde, calculée en introduisant dans la formule des réseaux les valeurs des mesures faites dans les conditions ci-dessus signalées, soit comprise entre les limites des longueurs d'onde des couleurs élémentaires extrêmes.

En désignant par :

λ la longueur d'onde,

r la distance entre deux stries successives du réseau,

i la distance entre deux franges claires,

d la distance entre le réseau et l'écran intercepteur,

la formule des réseaux est la suivante :

$$\lambda = \frac{r \times i}{d}.$$

A l'aide de cette formule on trouve pour λ la valeur $0^{mm},000610$, si l'on remplace :

r par $0^{mm},00698$ (distance entre deux lignes foncées consécutives, c'est-à-dire largeur moyenne des portions découvertes des écailles);

i par $0^{mm},35$ (largeur de l'image appréciée à l'aide de la mire universelle de Bigourdan);

d par 4^{mm} (distance entre les cils et la cornée).

La valeur de $\lambda = 0^{\mu},610$ est comprise entre

$$\lambda \text{ rouge} = 0^{\mu},620 \quad \text{et} \quad \text{violet} = 0^{\mu},423.$$

Ces quelques considérations confirment l'hypothèse formulée pour l'explication du phénomène signalé au commencement de cette Note.

En déterminant avec précision les conditions de la production du phénomène et les mesures qui s'y rapportent, il serait possible d'utiliser le réseau naturel constitué par les cils pour la mesure des longueurs d'onde de la lumière.

([1]) L'image perçue de cette manière est rapportée à l'extérieur dans la direction des rayons qui tombent sur les cils.

Jusqu'à un certain point, il y a une analogie entre ce genre de perception et celle des amputés lorsque, en excitant le moignon du membre amputé, ils localisent la douleur à l'extrémité du membre absent.

PHYSIOLOGIE. — *Contribution à l'étude de l'avitaminose* B *chez le Pigeon.* Note de M. J. **Lopez-Lomba** et Mme **Randoin**, présentée par M. Henneguy.

Pour étudier les effets de l'avitaminose B, la seule à laquelle le Pigeon semble être sensible, trois types de régimes ont été employés : *a. Graines décortiquées* ayant subi ou non un chauffage à l'autoclave; *b. Graines entières autoclavées; c. Mélange d'aliments dépourvus ou privés de facteur* B.

Les rations composées exclusivement de graines décortiquées sont multi-déficientes et mal équilibrées (protéines incomplètes, insuffisance de certains éléments minéraux et de cellulose, excès d'hydrates de carbone). Le régime au riz poli, le plus employé, est aussi le plus critiquable. Complété par simple addition de levure de bière, il ne permet d'ailleurs qu'une survie assez courte, la mort se produisant au cours du quatrième mois (Funk et Dubin).

Ces critiques ne s'appliquent pas aux régimes constitués par des graines entières autoclavées. Tout au plus pourrait-on dire — et la chose n'a d'ailleurs pas été directement prouvée — que la température a pu modifier la valeur nutritive des aliments.

Mais nous avons employé de préférence, à la suite de Funk et Schönborn, Mc Collum et Kennedy, Simonnet, Hoët, Sugiura et Benedict, un régime composé d'un mélange d'aliments dépourvus ou privés de facteur B.

Les formules établies par les auteurs cités présentent entre elles de notables différences, surtout en ce qui concerne les proportions des divers principes nutritifs : ainsi, les protéiques varient du simple au double, de 11 à 22 pour 100; les graisses, de 0 à 30 pour 100; les hydrates de carbone, de 43 à 78 pour 100; la cellulose, de 0 à 10 pour 100; et enfin les sels, de 3 à 4 pour 100.

Après avoir fait l'examen critique de ces formules, nous avons donné à notre régime la composition centésimale suivante :

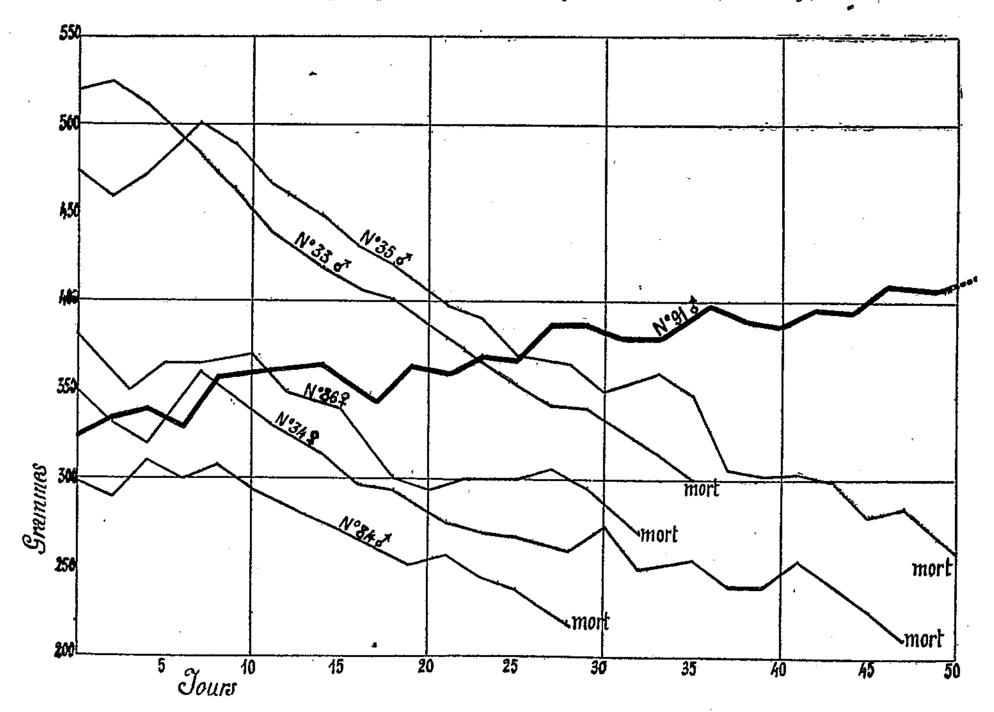
Caséine privée de facteur B (1)	18
Graisse de beurre	10
Huile d'arachides	6
Amidon de riz, pur	54
Sucre ordinaire	4
Papier filtre ordinaire	4
Mélange de sels (2)	4

(1) Caséine commerciale d'excellente qualité, que nous débarrassons du facteur B en la faisant traverser pendant une semaine par un faible courant d'eau distillée acidifiée par l'acide acétique (2 pour 1000).

(2) *Artificial protein free milk* d'Osborne et Mendel.

Cette nourriture, après pétrissage et cuisson dans un four éteint de boulanger, se présente sous forme de gâteaux plats, dont 100^g correspondent à une valeur énergétique de 400^{cal} environ. Au début, les Pigeons en absorbent chaque jour de 38^g à 40^g, ce qui représente 150^{cal} en moyenne; mais, après deux semaines, leur appétit diminue notablement et il faut alors les gaver. Comme on peut assez facilement leur faire ingérer jusqu'à la fin 20^g de gâteau par jour, la quantité d'énergie ne descend donc jamais au-dessous du minimum nécessaire (70^{cal}).

Symptômes observés au cours de l'avitaminose B. — Plus les animaux sont jeunes, plus précoce est l'apparition des divers symptômes et plus rapidement survient la mort. Les femelles sont un peu plus résistantes que les mâles (Findlay).



A titre d'exemple, nous donnons sur ce graphique les courbes de poids de six Pigeons soumis à notre régime. Le n° 91 (trait épais) qui a reçu chaque jour, outre sa ration de gâteau, 1^g de levure de bière granulée, demeure en parfaite santé et continue à croître. Les cinq autres sont morts au bout d'un temps variant entre 28 et 50 jours. Leur poids, pendant une première période, de dix jours environ, est demeuré sensiblement constant (sauf pour le gros Pigeon n° 33); il a baissé ensuite d'une manière lente et assez régulière.

Pour des animaux de même sexe et de même âge, les différents symptômes apparaissent à des époques bien déterminées. Avec des Pigeons mâles de 300^g par exemple, c'est vers le 10e ou le 11e jour qu'on voit les selles devenir verdâtres et semi-liquides

et vers le 15e jour qu'on observe une sorte de crise diarrhéique, avec diminution fort nette de l'appétit. Après avoir noté une baisse légère de la température centrale, on peut constater que, à partir du 23e jour, la baisse s'accentue, en même temps que le syndrome nerveux s'installe progressivement : d'abord, paralysie du pharynx et du jabot, parésie des fléchisseurs puis des extenseurs des orteils et des pattes (démarche anormale), troubles de la sensibilité dans les pattes, sécheresse de la peau; ensuite parésie des ailes et des muscles antérieurs et latéraux du cou (et aussi des postérieurs, 1 fois sur 5) entraînant rétraction et torsion permanentes de la tête; deux jours après, crises convulsives (avec troubles de l'équilibration) accompagnées de contractures tétaniques localisées surtout dans les muscles naguère paralysés. Pendant une période très courte, il y a surtout des convulsions toniques, bientôt suivies de convulsions cloniques; on observe après la crise une tachycardie très accentuée et une respiration très rapide et superficielle pendant une minute avec un rythme analogue au Cheyne-Stokes, mais sans période d'année véritable.

Avec notre régime, nous avons eu le syndrome complet dans 65 pour 100 des cas (30 pour 100 seulement avec le riz poli).

Notons que 20 pour 100 de nos Pigeons n'ont présenté que des paralysies et des troubles sensitifs sans crises convulsives nettes; que 5 pour 100 sont morts subitement entre le 9e et le 15e jour, sans symptômes nerveux et que tous les autres Pigeons, soit 10 pour 100 environ, n'ont présenté que de la somnolence, une asthénie très marquée à partir du 8e jour (leur survie a été exceptionnellement longue).

Poids des organes immédiatement après la mort. Comparaison avec les poids des mêmes organes appartenant à des individus ayant reçu de la levure de bière. — A leur mort, les Pigeons carencés ont perdu de 30 à 35 pour 100 de leur poids. Nous avons pesé leurs organes et, parallèlement, ceux de la plupart de nos témoins à la levure, lesquels ont dû par conséquent être sacrifiés. Tous les poids de ces organes furent rapportés au kilogramme du *poids initial* des animaux. De ces déterminations comparatives, nous avons pu tirer les conclusions suivantes :

Le fait que les Pigeons ont été privés de facteur B détermine finalement une légère augmentation du poids des *reins* (10 pour 100 environ) et une augmentation importante du poids des *capsules surrénales* (48 pour 100).

Peu ou point de variations pour le *cœur*, le *cerveau*, les *poumons*. Les *testicules*, le *pancréas* et les *thyroïdes* ont subi une diminution assez marquée (15, 24 et 28 pour 100). Le *foie* et la *rate* ont diminué de poids dans de notables proportions (45 pour 100 environ) et le *thymus* enfin a presque totalement disparu.

HÉMATOLOGIE. — *La cytohématogenèse chez les Métazoaires.* Note [1] de M. **L.-M. Bétances**, présentée par M. Henneguy.

Depuis une vingtaine d'années que nous étudions la cellule hématique, c'est seulement au cours de ces dernières années, lorsque nous avons poursuivi cette étude chez les Invertébrés, que nous avons pu arriver à nous faire une conception personnelle et peut-être la plus vraisemblable sur la morphogenèse de cette cellule. Dans nos différentes publications cette question avait été traitée en adoptant la théorie monophylétique, mais nous avions fait des réserves sur la signification évolutive de certaines formes, car il nous semblait que toutes les théories émises sur la cytohématogenèse chez les Vertébrés avaient des points plus ou moins inexacts. Celle qui dans ses lignes générales considère la cellule mésenchymateuse [2] comme le germe de la cellule hématique de l'embryon et de l'animal adulte est quant à ce point réelle, mais cette théorie perd toute sa valeur lorsqu'elle soutient que cette cellule est un lymphocyte circulant ou bien que la première forme de sa différenciation est un grand ou un petit lymphocyte. La cellule mésenchymateuse chez tous les Métazoaires a la même forme et la même structure apparente; cette forme et cette structure sont très éloignées de celles du lymphocyte circulant et du grand lymphocyte des auteurs. Le *lymphocyte est une cellule déjà sénile et incapable de toute différenciation;* le grand lymphocyte est un des stades évolutifs de la véritable cellule hématique primitive. D'ailleurs, jamais nous n'avons vu l'accroissement d'une cellule hématique atteindre les proportions comprises entre la grandeur du lymphocyte circulant et celle de la cellule mésenchymateuse. La théorie qui, en considérant ainsi la cellule hématique primitive comme une cellule dérivée de la cellule mésenchymateuse, admet que cette première cellule chez l'embryon est une cellule érythrocytaire ou bien est un lymphocyte primitif ou un hémohistoblaste circulant ne peut plus être acceptée par nous, car nous avons constaté que ces mêmes formes se trouvent chez la généralité des Métazoaires pendant le stade embryonnaire de leur développement.

Donc ces formes ne représentent que des stades de la différenciation défi-

---

[1] Séance du 23 avril 1923.

[2] Consulter nos Notes précédentes : *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 1002; t. 176, 1923, p. 265 et 924.

nitive de la cellule polyblastique en cellule primitive exclusivement hématique (hémocytoblaste primaire), accroissement prémitosique de celle-ci, puis stade primordial d'une différenciation spécifique ou ontogénétique. A partir de la vie fœtale, la théorie uniciste considère avec raison que la cellule génératrice des cellules hématiques dérive directement d'une cellule mésenchymateuse du tissu conjonctif en général, cette cellule primitive ayant la capacité de se différencier en cellule érythrocytaire, granulocytaire et lymphocytaire. Mais cette théorie sème la confusion et le doute lorsqu'elle considère la forme de cette cellule primitive, car pour chaque auteur cette forme est différente. En outre, cette théorie partage le critérium de la théorie dualiste en appelant myéloblaste et lymphoblaste des formes qui ne donneront origine qu'à des cellules érythrocytaires et granulocytaires, et à des cellules lymphocytaires. Elle a encore donné une spécificité à des formes appelées érythroblaste et leucoblaste, génératrices des cellules érythrocytaires et granulocytaires respectivement. Mais d'après ce que nous avons observé chez la généralité des Métazoaires, ces différentes formes ne sont que des stades différents de la même cellule polyblastique pendant ou après sa différenciation définitive en cellule hématique primitive et polyvalente, pendant le stade prémitosique et pendant le stade primordial d'une différenciation spécifique ou ontogénique de celle-ci.

Pendant ces stades, la cellule est une cellule hématique primitive polyvalente et indifférenciée, elle peut se différencier soit en cellule érythrocytaire, soit en cellule granulocytaire ou bien commencer à vieillir sans s'être différenciée dans l'un ou l'autre sens. D'après cette conception qui se base, nous le répétons, sur les faits observés par nous chez les animaux possédant ou non de la moelle osseuse, des organes lymphatiques ou des vaisseaux sanguins, tous les unicistes auraient raison et même les dualistes deviendraient monophylétistes, en considérant ces formes de la cellule hématique primitive comme des états indifférenciés et polyvalents; mais non comme des formes qui doivent représenter un érythroblaste, un myéloblaste ou un lymphoblaste.

Que, dans la moelle osseuse des Mammifères et de quelques autres Vertébrés, la différenciation normale qui suit ces stades s'oriente dans le sens érythrocytaire et granulocytaire, que, dans les organes lymphatiques, elle s'oriente dans le sens lymphocytaire, que, chez certaines espèces d'Invertébrés, elle s'oriente déjà vers le sens érythrocytaire et lymphocytaire ou bien qu'enfin, chez des espèces voisines, elle s'oriente seulement dans le sens granulocytaire et lymphocytaire, ceci tient à des causes que nous

sommes bien loin de connaître. D'autre part, pour mieux comprendre la signification de certaines structures qu'on trouve chez les Mammifères, plus fréquemment dans les organes lymphatiques que dans la moelle osseuse ou le contraire, ainsi que certaines formes intermédiaires, nous rappellerons que, si en réalité le milieu n'a aucune influence directe sur la différenciation ontogénique et phylétique de la cellule hématique, toutefois l'habitus de la cellule et l'aspect de la structure du gel cytoplasmique et nucléaire une fois précipités peut, en quelque sorte, varier, lorsque la cellule est soumise à des actions mécaniques exercées par d'autres cellules ou par des stromas plus ou moins denses, ou bien lorsque la cellule est pathologique. Ceci, néanmoins, ne varie pas le processus de sa différenciation phylétique ou ontogénique. En outre, le processus de la différenciation ontogénique nucléaire est indépendant du processus de la différenciation spécifique cytoplasmique, c'est-à-dire qu'on peut trouver des cellules avec un noyau jeune dans un cytoplasme déjà différencié, ou bien trouver un noyau déjà sénile dans un cytoplasme non complètement différencié. Ces cas n'infirment pas non plus le processus régulier de différenciation ni la signification de ces formes. De sorte que, d'après notre conception, la théorie monophylétique devient plus simple et plus précise. On ne doit pas appeler érythroblaste, myéloblaste, ni lymphoblaste des stades évolutifs de la même cellule indifférenciée.

Il n'y a que deux formes germe : *a*. La cellule mésenchymateuse polyblastique, génératrice des cellules hématique, connective, osseuse, etc. (*hémohistoblaste*); *b*. la première forme dérivée de cette cellule, lorsque par clasmatose ou fonte partielle de son cytoplasme et par rétraction de sa partie restante elle se libère de ses conexiones, s'arrondit et devient cellule polyvalente exclusivement hématique (*hémocytoblaste*). L'hémohistoblaste peut pour des causes diverses commencer à se différencier dans le sens granulocytaire ou ontogéniquement pendant son état fixe ou pendant le processus de sa différenciation en cellule hématique primitive (granulocytes, lymphocytes et monocytes dits histioïdes). L'hémocytoblaste après les stades de repos de division et d'un début de différenciation (stades morphologiques où se trouvent comprises les formes nommées myéloblaste, lymphoblaste, érythroblaste, leucoblaste) ou pendant ces stades, se différencie graduellement en proérythrocyte, proérythrocyte polychromatique, érythrocyte; et en progranulocyte, granulocyte, métagranulocyte, polynucléaire ou bien commence à vieillir sans avoir subi cette différenciation (prolymphocytes, lymphocytes inmatures, lymphocytes circulants).

EMBRYOGÉNIE. — *Action inhibitrice du milieu intérieur des Batraciens anoures sur la fécondation et l'activation parthénogénétique de leurs œufs*. Note de M. A. WEBER, présentée par M. Henneguy.

Les recherches que j'ai poursuivies sur les implantations d'œufs fécondés de Batraciens anoures dans la cavité générale ou dans les sacs lymphatiques d'adultes de même espèce, mettent en évidence une série de phénomènes que j'ai rapportés à un conflit d'individualités, celle de l'adulte dominant celle de l'œuf. Ce dernier se développe tant qu'il utilise ses réserves propres, mais, dès qu'il tire du milieu intérieur de son hôte des substances nutritives, il est soumis à l'action des sécrétions internes qui font disparaître son individualité. La larve en voie d'organisation se dédifférencie; les cellules qui la constituent se transforment en éléments indifférents, qui persistent plus ou moins longtemps dans le corps de l'adulte et finissent par être détruits et résorbés, comme des substances étrangères à l'organisme.

C'est bien là une véritable lutte entre deux individualités; l'œuf fécondé est en effet un être nouveau, à qui le spermatozoïde apporte des caractères qui en font une cellule étrangère parmi les autres éléments maternels. Ainsi j'ai constaté, chez les Urodèles, que l'œuf vierge était immunisé contre une propriété toxique du milieu intérieur de l'adulte; la fécondation rend l'œuf perméable à la substance nocive, mais la sérosité péritonéale maternelle ou même paternelle est moins toxique pour lui que celle d'autres adultes.

Ces quelques considérations m'ont amené à rechercher, chez les Batraciens anoures, comment se comporterait dans le milieu intérieur de sa mère un œuf activé artificiellement, dans lequel rien d'étranger à l'organisme maternel n'aurait été introduit. Dans ce but j'ai employé la méthode d'activation par piqûre découverte par Bataillon. Des œufs de *Rana fusca* en période de ponte sont retirés de la cavité péritonéale par une incision des parois abdominales dans la région lombaire; la peau est fendue au thermocautère, les muscles sont sectionnés avec des instruments stérilisés. Il se produit une très légère hémorragie; les œufs extraits de l'abdomen sont ainsi recouverts d'un peu de sang et de lymphe provenant du sac dorsal à travers lequel a passé l'incision; ils sont placés sur des lames de verre préalablement flambées. Je pique les œufs avec des pointes de verre obtenues par étirement sur une petite flamme et par conséquent stériles. Dans ces con-

ditions les œufs témoins isolés et placés dans l'eau se segmentent dans une proportion d'environ 90 pour 100.

Ainsi rien d'étranger à l'organisme maternel n'a été introduit dans l'œuf. L'aiguille de verre est stérile comme la surface des œufs retirés aseptiquement de la cavité péritonéale. L'activation de l'œuf est due à sa pénétration par un globule blanc provenant de la mère elle-même. Il semble donc qu'un pareil œuf fasse toujours partie de l'individualité maternelle. Ce n'est pas à proprement parler un être nouveau; son activation ne fait de lui qu'un bourgeon de l'organisme adulte dont il dérive.

L'expérience montre qu'un œuf ainsi piqué, laissé dans la cavité péritonéale de la mère ou placé dans son sac lymphatique dorsal, ne se segmente pas. Il en est de même si l'œuf est implanté dans les mêmes conditions chez une autre Grenouille rousse mâle ou femelle. Un œuf témoin activé par le même procédé et placé dans l'eau se trouve après vingt-quatre heures en pleine segmentation; il est implanté dans le sac lymphatique dorsal de la femelle dont il provient; immédiatement son développement est bloqué; sa désagrégation se produit avec une grande rapidité; un jour après, sa résorption est presque totale. Cette dernière expérience s'explique peut-être par la très grande fragilité des germes de Batraciens activés par le procédé de Bataillon.

L'impossibilité de l'activation chez les œufs de *Rana fusca*, laissés après piqûre dans le milieu intérieur maternel, est à rapprocher d'autres observations. J'ai tenté de réaliser la fécondation des œufs de Crapaud (*Bufo vulgaris*) en les mettant en contact avec du sperme légèrement dilué dans l'eau pure, introduit dans la cavité péritonéale de femelles peu avant la ponte, soit dans le sac lymphatique dorsal, où des œufs vierges et mûrs venaient d'être implantés; aucun œuf n'a été activé.

Il semble que chez ces Anoures, Crapaud commun ou Grenouille rousse, il y ait, vis-à-vis de la fécondation ou de l'activation par piqûre, une inhibition par le sang ou par la lymphe, comparable à celle qui se produit chez certains Invertébrés marins; on sait que chez l'Oursin, par exemple, la présence du liquide cœlomique empêche la fécondation. Les produits sexuels ne sont nullement influencés par ce plasma; en effet après avoir subi son contact, un court lavage à l'eau de mer permet la pénétration des œufs par les spermatozoïdes. Le sang de l'Oursin agit donc sur la réaction de fécondation elle-même. Le fait est d'autant plus remarquable que chez cet Echinoderme l'agglutination des spermatozoïdes par les fertilisines de l'œuf se fait plus rapidement au contact du plasma sanguin de l'adulte.

L'inhibition de la fécondation par le sang de l'Oursin est pour T.-B. Robertson un phénomène physique d'ordre colloïdal, mais F.-R. Lillie suppose une action purement chimique; le plasma produirait un effet de déviation sur la partie activante de la fertilisine des œufs; effectivement en saturant le liquide cœlomique par un excès de fertilisine, l'action inhibitrice pour la fécondation disparaît.

On sait aussi que la fusion des gamètes est inhibée chez l'Oursin par le mélange de ses produits sexuels mûrs avec du sperme provenant d'espèces très différentes.

En somme, chez *Rana fusca* le milieu intérieur, lymphe ou sang, se comporte vis-à-vis de l'œuf activé comme une substance toxique, à laquelle l'œuf deviendrait perméable après piqûre, tandis qu'il était immunisé auparavant contre cette propriété nocive. Les Anoures comme les Urodèles présenteraient ainsi des phénomènes de toxicité vis-à-vis de leurs œufs activés. Pourtant je ne crois pas que ces faits soient comparables dans les deux grandes classes de Batraciens. En ce qui concerne les Anoures, je rapporterais plutôt l'inhibition de la fécondation ou de l'activation par piqûre à une autre cause. Widal et ses élèves ont montré dans une série de travaux remarquables que le sang extravasé se comporte chez l'Homme et les Mammifères comme un liquide contenant des albumines étrangères. Ne se passe-t-il pas quelque phénomène identique soit chez l'Oursin dont la fusion des éléments sexuels est inhibée par le sang issu de la cavité cœlomique ou par les albumines étrangères du sperme de Chétoptère, ou bien aussi chez *Rana fusca* ou *Bufo vulgaris*, soumis aux expériences ci-dessus relatées, qui nécessitent l'ouverture des cavités renfermant le liquide du milieu intérieur. Dans ces derniers cas l'inhibition du développement de l'œuf activé par piqûre, ou l'impossibilité de la fécondation au contact de la sérosité du péritoine ou des sacs lymphatiques, seraient le fait non de propriétés du plasma normal mais proviendraient de l'apparition d'albumines étrangères.

ZOOLOGIE. — *Sur la dissémination et le transport de Nématodes du genre* Rhabditis *par les Diptères*. Note de M. **Maurice Aubertot**, présentée par M. F. Mesnil.

Depuis deux ans j'expose, pendant la belle saison, des pièges à Drosophiles dans un jardin de l'Université de Strasbourg. Ces pièges consistent

en de grands vases cylindriques dont le fond a été garni d'une épaisse couche de purée de pommes de terre légèrement additionnée de vinaigre; les Drosophiles y sont emprisonnées au moyen d'une mousseline fine tendue sur l'ouverture et les pièges sont alors apportés au laboratoire. Dans ces conditions, quelques jours après la capture des mouches, j'ai presque toujours constaté à la surface du gâteau la présence en masse d'un petit Nématode : un *Rhabditis* que M. le Professeur H. Micoletzky, d'Innsbruck, a bien voulu déterminer, et qu'il considère comme le *Rhabditis pellio* A. Schn. malgré ses faibles dimensions (longueur moyenne de la

$$♀ = 1230\,\mu;\ \text{du}\ ♂ = 1100\,\mu).$$

Étant donnés la forme des pièges et leur isolement à un mètre environ du sol, il est impossible d'admettre que les *Rhabditis* aient pu les atteindre par leurs propres moyens; mais on est amené à supposer qu'ils y ont été introduits par les Diptères sous une forme quelconque. L'étude de la biologie de ce Nématode et l'observation journalière de ses rapports avec les Drosophiles dans les élevages confirment pleinement cette hypothèse.

Si l'on examine un fragment de la purée à *Rhabditis* prélevé au hasard en surface, on y reconnaît d'abord des formes adultes, des œufs et des larves aux différents stades; mais au bout d'une vingtaine de jours, on n'y trouve plus que des formes larvaires toutes semblables, transparentes, de longueur assez uniforme (575 μ en moyenne). D'après l'état de développement de l'ébauche génitale, représentée par un simple tube cylindrique pluricellulaire non encore différencié en ovaires ou en testicules, on doit les considérer comme appartenant au stade III de Maupas, compris entre la deuxième mue et la troisième. Ces larves se montrent très résistantes aux agents physico-chimiques : c'est la raison pour laquelle on les rencontre à l'exclusion de toutes les autres formes, que les fermentations et la dessiccation ont progressivement éliminées. Mais elles cherchent à fuir le milieu de culture dont la surface devient de plus en plus rude et impropre à la reptation. Un grand nombre d'entre elles émigrent sur les parois internes du vase et y rampent jusqu'à ce que le manque d'humidité entrave leur progression. Les autres ne tardent pas à se dresser à la surface du gâteau où elles se tiennent sans autre point d'appui que leur extrémité postérieure légèrement coudée. A partir de ce moment, leur corps, rigide et sensiblement rectiligne, effectue continuellement autour de ce point fixe des mouvements irréguliers de nutation. La surface tout entière en est bientôt hérissée; elles sont particulièrement nombreuses sur les aspérités résultant

de la dessiccation, sur les corps étrangers, cadavres de mouches ou pupes. Il est d'ailleurs manifeste qu'elles ne subissent aucune influence géotropique, car leur grand axe est toujours dirigé normalement à la surface du substratum, quelle qu'en soit l'orientation : sur les parois verticales du vase, elles se fixent horizontalement.

L'attitude de ces larves est tout à fait analogue à celle du Nématode primitif tel que le conçoit Steiner [1]. Pour cet auteur, en effet, nous devons considérer comme normale et ancestrale une position du Nématode telle que la pointe caudale soit fixée au substratum (supposé horizontal), le corps restant vertical ou plus ou moins oblique. Le Nématode, ainsi orienté, aurait mené une existence à demi-fixée (halbssessile).

Une objection prévue par Steiner était l'impossibilité pour des animaux aussi allongés, fusiformes ou filiformes, de se tenir verticaux ou même simplement obliques, à moins que ce ne fût dans l'eau. Mes observations relatives au *Rhabditis pellio* éliminent cette objection.

De plus, ces larves adhèrent les unes aux autres avec une remarquable facilité. Il n'est pas rare d'en rencontrer deux et même trois dressées bout à bout. Elles s'agglutinent aussi en faisceaux, en pinceaux, en torsades et forment les plus curieuses arborisations. Pendant toute la durée de leur nutation, qui peut se prolonger des semaines entières, les larves ne prennent aucune nourriture et n'évoluent pas. Toutefois leur activité décroît à mesure que la dessiccation les gagne. On les trouve finalement en paquets visibles à l'œil nu sous forme d'efflorescences blanchâtres. Elles sont alors complètement immobiles et peuvent, dans cet état, supporter une attente prolongée.

En même temps que les larves durables oscillent à la surface de la purée, les Drosophiles viennent y chercher leur nourriture et y déposer leurs œufs. Leurs pattes, leur trompe et même leur face ventrale sont bientôt envahies par ces larves en grand nombre qui vont ensuite se rassembler dans toutes les dépressions du corps susceptibles de les abriter. On en trouve des paquets très serrés sur le prosternum, dans les espaces intercoxaux (principalement dans l'espace intercoxal antérieur), sur le premier sternite abdominal. Il en existe parfois d'assez volumineux au fond du sillon occipito-thoracique et dans la région ptéropleurale, à l'abri des mouvements de l'aile. Certains de ces paquets renferment plus d'une centaine de larves. Lorsqu'une telle mouche vient à se poser sur de la purée fraîche, les larves reprennent une certaine mobilité, grâce à l'humidité du nouveau

---

(1) *Unters. ueb. d. allg. Bauplan des Nematodenkœrpers* (*Zool. Jahrb. Abt. f. Morph.*, Bd 43, 1919).

milieu; elles tombent à la surface de la purée et s'y dispersent. Alors seulement elles poursuivent le cours de leur évolution. En moins de deux jours, le stade IV est franchi et les *Rhabditis* adultes (stade V) commencent à se reproduire. Ce procédé naturel de propagation constitue la méthode de repiquage la plus rapide et la plus sûre, ainsi que j'ai pu m'en convaincre au cours de ces recherches.

Il va de soi que le transport de ces formes larvaires peut être effectué par toute autre mouche de petite taille. De même elles sont souvent convoyées par des Coléoptères, par des Acariens qui réussissent parfois à s'introduire dans les élevages. Mais, en raison de leur champ d'action particulièrement vaste, les Diptères surtout sont capables d'assurer à ce *Rhabditis* une très large dispersion.

BIOLOGIE. — *Remarques sur la membrane de fécondation de l'œuf d'Oursin* (Paracentrotus lividus). Note de M. **R. Courrier**, présentée par M. Widal.

L'œuf vierge d'Oursin, plongé dans l'eau de mer, est entouré d'une gangue ou membrane pellucide. Quelques instants après la pénétration du spermatozoïde, cette gangue s'éloigne de la surface de l'œuf par suite de l'apparition de la membrane de fécondation. L'entrée de l'élément mâle dans le cytoplasme ovulaire de l'Oursin provoque l'émission d'une substance colloïdale (J. Lœb); ce rejet de liquide par l'œuf fécondé est un phénomène très général qui a été retrouvé chez les Mammifères (deutoplasmolyse de Van der Stricht). Bataillon attribue une grande importance à ce processus; pour lui, l'œuf mûr est intoxiqué par les produits de déchet de son métabolisme antérieur; la fécondation provoque l'élimination de ces substances; c'est la réaction épuratrice. La formation de la membrane de fécondation de l'œuf d'Oursin peut être considérée comme un test morphologique de l'émission de certaines substances ovulaires dans les conditions normales. Pour Elder, Mac Clendon et J. Gray, la membrane de fécondation résulte d'une précipitation se produisant au contact de deux colloïdes de signe opposé, la gangue est une substance colloïdale négative, tandis que le liquide émis par l'œuf est chargé positivement. Après avoir dégangué les œufs par différents procédés, ces auteurs constatent que la membrane de fécondation ne se forme pas; ils pensent ainsi démontrer l'exactitude de leur théorie.

Brachet découvrit, il y a quelques années, qu'en faisant agir du sperme vivant d'une Annélide (*Sabellaria alveolata* ou Hermelle) sur des œufs d'Oursin (*Paracentrotus lividus*), il ne se produit rien ; mais si l'on féconde de tels œufs par du sperme d'Oursin, on constate qu'ils se segmentent sans avoir formé de membrane. Reprenant cet été à Roscoff l'expérience de Brachet, nous sommes arrivé au même résultat que le savant belge; mais nous nous sommes aperçu que les spermatozoïdes de *Sabellaria* pénètrent dans la gangue des œufs et la dilacèrent; après un certain temps, les œufs sont entièrement dégangués. On peut alors supposer que c'est tout simplement parce que les spermies de l'Hermelle déganguent les œufs d'Oursin que la membrane ne peut plus se former après fécondation. Cette interprétation est fausse. Si l'on traite en effet les œufs d'Oursin par du sperme de *Sabellaria* ayant séjourné un certain temps dans l'eau distillée, les spermatozoïdes sont tués et n'opèrent plus le déganguage; cependant la fécondation n'est pas suivie de la formation de la membrane comme normalement. Dans l'expérience de Brachet ce n'est donc pas la gangue qui intervient; comme les conditions extérieures sont normales, l'absence de membrane est sans doute due à l'absence d'émission de certaines substances ovulaires. Il s'agit d'une action du sperme d'Hermelle sur le protoplasme de l'œuf, comme l'avait pensé Brachet. L'œuf est alors incapable de réagir normalement à la fécondation; il n'expulse plus de substances colloïdales.

Nous ne pensons pas cependant que la gangue soit indispensable à la formation de la membrane Quelques auteurs ont constaté (Tennent et Hogue, N. Harwey) qu'on peut obtenir successivement deux membranes sur un même œuf; la seconde, qui se forme entre l'œuf et la première, n'est pas au contact de la gangue. D'autre part, après centrifugation assez lente, nous sommes arrivé à déganguer des œufs qui ont formé ensuite une membrane à la fécondation. Cette membrane serait due peut-être à une précipitation de substances issues de l'œuf au contact de l'eau de mer. Il est probable que les auteurs qui ont voulu déganguer des œufs d'Oursin ont employé souvent des méthodes violentes qui non seulement agissaient sur la gangue, mais lésaient également le cytoplasme de l'œuf et inhibaient ainsi la réaction normale épuratrice, d'où l'absence de membrane à la fécondation.

Il est intéressant de mentionner ici l'action du cyanure de K sur les œufs d'Oursin. Après traitement par des solutions assez concentrées de ce corps, on constate que la membrane ne se forme plus et qu'il y a polyspermie; le cyanure a donc attaqué le protoplasme. Notons également les résultats obtenus par la fécondation d'œufs immatures; Ries, Elder, Brachet constatent que les œufs d'Oursin immatures fécondés ne forment pas de membrane et sont polyspermiques.

Il semble qu'on puisse tirer de ces faits la conclusion suivante : quand

l'œuf d'Oursin est atteint dans l'intimité de son protoplasme, ou quand ce protoplasme n'est pas celui d'un œuf arrivé à maturité, il n'y a pas rejet de colloïdes à la fécondation, de sorte que la membrane ne se forme pas. On entrevoit une gradation dans l'attaque du protoplasme ovulaire ; les produits contenus dans le sperme d'Hermelle sont assez nocifs pour inhiber l'élimination des déchets, mais n'entraînent pas habituellement la polyspermie ; le cyanure de K et le rouge Congo (1) au contraire, non seulement empêchent la formation de la membrane, mais provoquent également une polyspermie plus ou moins intense.

On peut se demander si la théorie de Bataillon s'applique à l'œuf d'Oursin. Traité par le sperme d'Hermelle, il n'émet pas tous ses déchets et cependant il se segmente ; mais ce développement s'arrête à la blastula. Brachet attribue cet arrêt à la privation d'eau. Pour lui la membrane de fécondation est déjà préformée sur l'œuf vierge, la fécondation normale amène la perméabilisation pour l'eau de mer de cette membrane et son décollement de la surface de l'œuf. Le sperme d'Hermelle empêche cette perméabilisation et l'œuf est alors enserré dans une coque imperméable. Nous reviendrons sur cette question ; mais nous émettons l'hypothèse que cet arrêt de développement n'est peut-être pas dû à une imperméabilité. Herlant a montré en effet que lorsqu'on provoque l'imperméabilité d'œufs d'Oursin fécondés, leur segmentation est bloquée dès la première division ; de plus, J. Gray a vu que les œufs sans membrane ont la même conductivité électrique que des œufs normaux, ils sont donc aussi perméables (2).

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *L'influence des facteurs bactériens sur la nutrition, la multiplication et la sexualité des Infusoires.* Note de M. **Édouard Chatton** et de Mme **M. Chatton**, présentée par M. F. Mesnil.

Les Infusoires qui ont été le plus fréquemment utilisés pour l'étude des conditions qui régissent et déterminent les différentes phases de leur existence, en particulier les Paramécies qui ont servi d'objet pour la plupart

(1) Voir notre Note (*C. R. Soc. Biologie*, janvier 1923).

(2) Brachet signale que les œufs traités par le sperme d'Hermelle puis fécondés se segmentent et donnent des blastomères qui n'ont pas entre eux une aussi grande cohésion que normalement. Nous avons constaté le même fait ; il existe une sorte d'étalement des morula. Nous avons vu également qu'à un stade très jeune (2, 3 ou 4 blastomères), chacun des blastomères peut évoluer indépendamment des autres et donner une blastula ; ou bien un seul blastomère se développe de sorte qu'on obtient de petites blastula auxquelles sont accolés quelques gros blastomères qui n'ont pas évolué.

des recherches de cet ordre, sont essentiellement bactériophages. Si les recherches de Peters (1920), confirmées récemment par A. Lwoff ([1]), ont montré que certaines espèces pouvaient se nourrir de substances liquides stériles, il n'en reste pas moins que, dans les conditions naturelles, les bactéries sont leur aliment normal.

Or les auteurs qui ont tenté jusqu'ici l'analyse des conditions qui régissent le pouvoir de multiplication des Ciliés, qui influencent sa valeur et ses limites, et qui déterminent l'apparition de la sexualité, ont tous travaillé sur des cultures ouvertes, à flore bactérienne complexe, indéterminée et variable. Ils ont raisonné comme si l'aliment de l'Infusoire était le milieu liquide, alors que changer la nature du milieu liquide, comme l'a fait Calkins (1902, 1904) pour retarder la déchéance des cultures, revient surtout en réalité à changer la flore bactérienne, quantitativement et qualitativement. C'est d'ailleurs autant par leur valeur alimentaire que par les propriétés des substances diffusées par elles dans le milieu, que les bactéries influent sur la marche de la culture infusorienne. Même ceux des auteurs qui ont pressenti ces actions bactériennes (P. Enriques) ont continué à travailler sur des cultures ouvertes, sans souci de la flore bactérienne.

Les recherches que nous poursuivons sur des cultures pures et pures mixtes de ciliés et de bactéries ([2]) nous ont permis de mettre en évidence d'une manière très nette l'influence des facteurs bactériens sur les différentes phases de la vie des infusoires: nutrition, multiplication, sexualité.

1° *Influence sur la nutrition.* — Il est toujours facile de réaliser des cultures pures mixtes de *Glaucoma scintillans* en ensemençant des individus purs, même isolés, dans des tubes de bouillon nutritif préalablement ensemencés de *B. coli* ou de *B. fluorescens*, par exemple. Mais il nous a toujours été impossible d'obtenir une culture de *Glaucoma*, dans les mêmes conditions, sur le même milieu liquide, préalablement ensemencé de *B. flavus* qui y pousse lui-même fort bien. Au contraire, le mélange de *B. coli* ou de *B. fluorescens* avec le *B. flavus*, où celui-ci représente au moins le tiers de la masse bactérienne, assure toujours la culture de *Glaucoma scintillans*.

Il y a donc des bactéries favorables et d'autres non favorables à la culture d'une espèce infusorienne déterminée. Il y aura lieu de rechercher systématiquement quelles sont pour chaque espèce les bactéries qui permettent et celles qui ne permettent pas la nutrition des Ciliés.

([1]) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 928.
([2]) Voir *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1091.

2° *Influence sur la division.* — Le *Colpidium Colpoda*, cultivé sur *B. fluorescens* en eau de foin ou en milieu de Peters, se divise normalement par scissions transversales équatoriales. Les individus se séparent en moins d'une heure, sans croissance notable à partir du moment où la constriction est apparue. Dans les cultures de *Colpidium Colpoda* sur *B. coli*, nous observons toujours un plus ou moins grand nombre d'individus dans lesquels la séparation des deux individus-fils se trouve très retardée. Ceux-ci s'accroissent alors et atteignent souvent la taille maxima et la forme caractéristique de l'espèce tout en restant unis par un isthme plus ou moins large. Ils pourraient alors en imposer pour des couples de *Colpidium* qui se seraient formés par soudure tête à cul de deux individus normaux, si l'on ne savait que chez cette espèce la conjugaison se fait bouche à bouche. L'inhibition de la division peut être même poussée plus loin. Les individus de la chaîne peuvent montrer à leur tour chacun une constriction équatoriale, d'où réalisation de chaînes à quatre individus.

La bactérie exerce ainsi une action que nous nous efforcerons de préciser, relevant des phénomènes de *dystomie* et d'où résultent des formations caténulaires comparables à celles que montrent certains Ciliés parasites (*Anoplophryidæ*).

Le *Glaucoma scintillans* est insensible à cette action du *B. coli*.

3° *Influence sur la conjugaison.* — Dans une Note récente, nous avons exposé que nous possédions des milieux de culture constitués par une décoction de foin dans lesquels le *Glaucoma scintillans* cultivé sur une seule espèce bactérienne, le *B. fluorescens*, n'entrait jamais en conjugaison, et que nous provoquions à volonté l'apparition de la zygose au moment de la crise par addition de sels tels que $CaCl^2$ et $FeCl^3$. Ainsi, dans ces cultures mixtes, *Glaucoma-B. fluorescens*, l'action simultanée de deux facteurs : déséquilibre trophique de la crise et présence de sels à une certaine concentration, est nécessaire pour déclencher la zygose.

Autrement se comporte sur le même milieu la culture mixte *Glaucoma-B. coli*, comme le montre l'expérience suivante :

Nous prélevons des *Glaucoma scintillans*, cultivés sur un milieu azygogène en présence de *B. fluorescens*, et les ensemençons, après les avoir purifiés, sur le même milieu. d'une part en tubes préalablement chargés de *B. coli*, d'autre part en tubes préalablement chargés de *B. fluorescens*. Dans ces derniers la culture est toujours azygogène.

Dans les premiers il apparaît, précédant de peu la crise, des couples qui effectuent normalement la conjugaison. Ici la présence de *B. coli* détermine des conditions qui, dans ce même milieu, ne sont réalisées que par la présence simultanée du *B. fluorescens* et des sels dont nous avons déja parlé. Nous reviendrons sur la nature de ces conditions. Mais ici encore ces constatations ne valent que pour la seule espèce *Glaucoma scintillans*.

L'action des bactéries sur la conjugaison du *Colpidium Colpoda* est inverse de ce qu'elle est dans le cas précédent. Le *Colpidium Colpoda* ne donne jamais de couples, ni sur nos milieux zygogènes, ni sur nos milieux azygogènes en présence de *B. coli*.

Il en forme par contre en présence de *B. fluorescens* sur nos milieux zygogènes ou rendus tels par addition de sels.

Conclusions. — Dans les cultures d'infusoires bactériophages, *Glaucoma scintillans* et *Colpidium Colpoda*, les bactéries exercent, par leur valeur nutritive et par les substances qu'elles laissent diffuser dans le milieu, une action manifeste sur la nutrition, la multiplication et la conjugaison du Cilié. Mais cette action, surtout en ce qui concerne la conjugaison, est fonction à la fois du milieu liquide, de l'espèce bactérienne et de l'espèce infusorienne, de sorte qu'il est nécessaire de faire, pour les divers milieux, une étude méthodique des complexes purs-mixtes ciliés-bactéries et de la compléter, dans les cas où cela est possible, par l'étude des Ciliés en cultures pures.

Aux deux facteurs de zygose que nous avons définis dans une Note précédente : déséquilibre trophique qui prélude à la crise, et présence dans le milieu de certains sels à un minimum de concentration, il faut ajouter un troisième facteur, lui-même complexe, le facteur bactérien, qui paraît dans certains cas suppléer au moins partiellement le facteur sels. Ces constatations renforcent la notion que nous avons soutenue dans une précédente Note de la prédominance des facteurs externes dans le déterminisme de la sexualité.

BIOLOGIE. — *Le Cestode des perles fines des Méléagrines de Nossi-Bé.* Note de M. **Robert-Ph. Dollfus**, présentée par M. F. Mesnil.

Les larves de Cestodes subissent dès leur mort une dégénérescence très rapide, aussi est-il préférable, pour leur recherche chez les Huîtres perlières, d'examiner sinon les tissus frais où les perles sont en voie de formation, tout au moins des tissus fixés dans de bonnes conditions. En s'adressant directement à des perles fines âgées, recueillies depuis un certain temps, on ne retrouve souvent pas de vestiges reconnaissables du parasite formateur du nucléus. Toutefois, en décalcifiant dans un mélange d'acide formique et de formol de petites perles fines rapportées récemment de Nossi-Bé par notre collègue Georges Petit, qui les avait récoltées (décembre 1920) dans le foie des *Meleagrina occa* Reeve et *M. irradians* Reeve, nous avons pu obtenir quelques exemplaires momifiés, mais assez bien caractérisés de la larve margaritigène de Cestode, incluse dans ces perles.

La plupart de nos exemplaires avaient une forme globuleuse ou ovalaire (maximum

environ $0^{mm},24$ à $0^{mm},26$ de long sur $0^{mm},32$ à $0^{mm},30$ de large) (*fig.* 1); au pôle apical, on distinguait nettement un organe circulaire (diamètre environ $0^{mm},11$ à $0^{mm},13$) à double

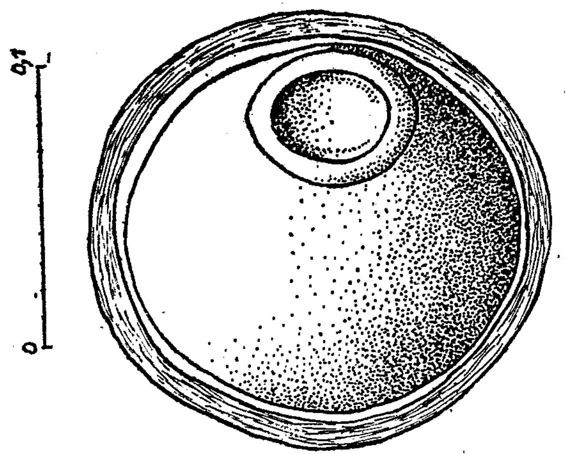


Fig. 1. — Larve de Cestode, type monobothrien (= type *Tylocephalum*), obtenue par décalcification (*in toto*).

contour, représentant la ventouse unique caractéristique des larves de Cestodes du type monobothrien. Quelques exemplaires plus jeunes (longueur environ $0^{mm},130$; plus grande largeur environ $0^{mm},105$) étaient piriformes, ayant leur organe apical dévaginé (*fig.* 2). Chaque larve était contenue dans une mince enveloppe autour de laquelle

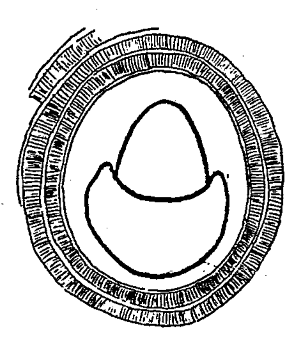


Fig. 2. — Larve de la même espèce (coupe du nucléus d'une perle).

on voyait les couches concentriques de la charpente perlière, séparées par les couches de prismes (hauteur environ 10^{μ}) à disposition radiaire.

Autant qu'il est possible de se prononcer en l'absence de matériaux convenablement fixés, notre larve de Cestode ne paraît pas sensiblement différer de la larve du type monobothrien, trouvée habituellement chez les *Margaritifera vulgaris* Schum. de Ceylan par W.-A. Herdman, J. Hornell, A.-E. Shipley, T. Southwell, et qui est, peut-être, au moins génériquement, la même que la larve monobothrienne trouvée par L.-G. Seurat chez les *Margaritifera margaritifera Cumingi* Reeve des îles Gambier. Les auteurs

anglais ont considéré que la larve du type monobothrien des *Margaritifera* de Ceylan était, selon toute vraisemblance, le stade plus jeune d'une larve Tétrarhynque parasitant le même Mollusque (1) et dont l'adulte (*Tetrarhynchus unionifactor* Shipley et Hornell) vit chez divers poissons mangeurs d'huîtres perlières (*Rhinoptera javanica* Müll. et Henle, *Tæniura melanospilos* Bleeker, *Gynglymostoma concolor* Rüppel), alors que Seurat a rapporté sa larve margaritigène à *Tylocephalum margaritiferæ* L. G. S., adulte dans l'intestin spiral d'*Ætobatis narinari* Euphrasen, autre mangeur d'huîtres perlières.

Nous ne connaissons rien des Cestodes adultes chez les poissons fréquentant les bancs de Méléagrines de Nossi-Bé, et que trop peu de choses sur les Cestodes larvaires parasitant ces Méléagrines pour pouvoir être fixés sur le cycle évolutif de la larve dont nous avons observé un stade dans le nucléus des perles fines rapportées par notre collègue Georges Petit.

A 3 heures et demie, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section de Botanique, par l'organe de son Doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *Gaston Bonnier :*

En première ligne.	M. **Marin Molliard**
En deuxième ligne	M. **Paul Guérin**
En troisième ligne, ex æquo, par ordre alphabétique.	MM. **Louis Blaringhem** **Auguste Chevalier**

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 15 heures et demie.

É. P.

---

(1) Cela revient à dire que les Tétrarhynques, au cours de leur cycle évolutif, passent par un stade monobothrien, du même type que les larves de *Tylocephalum*, avant d'arriver au stade Tétrarhynque typique précédant l'état adulte. Il est fort possible, croyons-nous, que la larve monobothrienne des *Margaritifera* de Ceylan soit sans relation avec la larve Tétrarhynque du même hôte et ait pour adulte un *Tylocephalum* comme la larve étudiée par Seurat. Cette question n'a pas encore été définitivement élucidée.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS DANS LES SÉANCES D'AVRIL 1923.

Les zoocécidies des plantes d'Afrique, d'Asie et d'Océanie, par C. HOUARD. Tome II : *Dicotylédones* (2e Partie); *Index bibliographique*. Paris, Hermann, 1923; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. Louis Bouvier.)

Une grande marque d'horlogerie française sous Napoléon. Abraham-Louis Breguet, par PAUL MARMOTTAN. Paris, L. Maretheux, 1923; 1 fasc. 24cm.

Histoire du Netské, par L.-E. BERTIN. Extrait du *Bulletin de la Société franco-japonaise de Paris*, octobre-décembre 1922. Paris, Palais du Louvre, 1923; 1 fasc. 25cm.

Essai mécanique des tubes d'acier, par CH. FRÉMONT. 65e Mémoire. Paris, chez l'auteur, 1923; 1 fasc. 30cm.

Chaire de Médecine exotique de la Faculté de Constantinople. *Études et Notes*, par G. DELAMARE et SAID DJEMIL. Constantinople, Ahmed Ihsan et Cie, 1923. 1 fasc. 24cm. (Présenté par M. H. Vincent.)

Flore générale de l'Indo-Chine. Tome troisième, fascicule 1 : *Caprifoliacées*, par PAUL DANGUY. *Rubiacées*, par C.-J. PITARD. Tome septième, fascicule 5 : *Graminées* (fin), par E.-C. CAMUS et Mlle A. CAMUS. Paris, Masson et Cie, 1922-1923; 2 fasc. 25cm. (Présenté par M. H. Lecomte.)

(*À suivre.*)

ERRATA.

(Séance du 16 avril 1923.)

Note de MM. *Léon* et *Eugène Bloch*, Spectres d'étincelle d'ordre supérieur :

Page 1063, ligne 19, *au lieu de* plus, *lire* pas.

(Séance du 23 avril 1923.)

Note de M. *A. de Gramont*, Sur l'emploi du chalumeau oxyacétylénique en Analyse spectrale. Applications à la Minéralogie :

Page 1106, ligne 3 en remontant, *au lieu de* moins fortes que dans la flamme, *lire* moins fortes dans la flamme.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 7 MAI 1923.

PRÉSIDENCE DE M. ALBIN HALLER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président**, en annonçant la mort de sir **James Dewar**, a prononcé les paroles suivantes :

L'Académie vient de perdre, à l'âge de 80 ans, un de ses correspondants les plus distingués en la personne de sir **James Dewar**, professeur à l'Université de Cambridge et à la Royal Institution de Londres.

Son œuvre se distingue par une très grande variété dans les sujets étudiés, en raison de son incomparable habileté expérimentale.

Il a su aborder avec une égale maîtrise des problèmes de Chimie physique, de Chimie minérale, de Chimie organique, voire même de Chimie industrielle. Son étude, en collaboration avec Abel, des poudres à la nitroglycérine appelées cordites, son travail sur la fabrication du chlore par le procédé Weldon, ses recherches sur le nickel-carbonyle, etc. sont de ce nombre.

Son nom restera cependant spécialement attaché à l'étude des basses températures qui lui ont permis de liquéfier un certain nombre de gaz réputés permanents. Parmi ces gaz, il convient de citer tout particulièrement l'hydrogène et le fluor. En collaboration avec notre confrère Moissan, sir James Dewar fit en effet une série de recherches concernant l'affinité du fluor liquéfié à $-187°$ pour un grand nombre d'éléments comme le soufre, le sélénium, le phosphore, l'arsenic, l'anthracène, auxquels il se combine avec plus ou moins d'énergie. Ces recherches furent couronnées par un travail sur la solidification du fluor et sur la combinaison à $-252°,5$ de cet élément ainsi solidifié avec de l'hydrogène liquéfié, travail qui a montré que même à $20°,5$ à partir du zéro absolu, les deux corps se combinent avec explosion.

On doit aussi à l'ingéniosité de sir James Dewar, un moyen de production du vide en utilisant le pouvoir d'absorption des gaz par le charbon soumis à un froid intense, une étude sur l'influence des basses températures sur la phosphorescence de divers composés, etc.

La science perd en sir James Dewar un savant et un expérimentateur hors pair, digne d'être rangé aux côtés de Faraday et de Tyndall dont il continuait les traditions à la Royal Institution.

M. le **Président** annonce le décès du Père *Colin*, directeur de l'Observatoire Tananarive, Correspondant pour la Section de Géographie et Navigation.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Da Costa Lobo**, directeur de l'Observatoire de Coïmbre, président du Comité national portugais d'Astronomie, qui assiste à la séance.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les singularités des fonctions harmoniques.* Note de M. **Henri Lebesgue**.

A la Note que j'ai publiée récemment sous ce même titre [1], j'ajoute deux brèves indications.

1. Pour démontrer qu'*une fonction $u(x, y)$, harmonique et bornée dans tout le voisinage d'un point* O, *est régulière en ce point* O, j'ai utilisé un raisonnement étroitement apparenté, je viens de le constater, avec celui que M. Zaremba avait employé, dès 1909, dans un but assez analogue [2].

La façon de procéder de M. Zaremba suggère même l'extension à certaines fonctions non bornées des énoncés que j'ai formulés pour les seules fonctions bornées. Ainsi, par exemple, l'énoncé précédent peut être remplacé par le suivant : *une fonction $u(x, y)$ harmonique dans tout le voisinage d'un point* O, *et telle que le rapport $\frac{u(x, y)}{\log r}$ tende vers zéro en même temps que la distance r du point x, y au point* O, *est régulière en* O [3].

---

(1) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1097.

(2) *Bulletin de l'Académie des Sciences de Cracovie*, 1909, Voir aussi Ed. Goursat, *Cours d'Analyse mathématique*, t. III, 2e édition, p. 205.

(3) Cet énoncé est compris dans celui de M. Emile Picard (*Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 933 et 1025).

2. J'ai démontré qu'*une fonction* $u(x, y, z)$, *harmonique et bornée dans tout le voisinage d'une courbe rectifiable* C, *est régulière aux points de* C. M. Georges Bouligand m'écrit que, de son côté, il a rencontré cette proposition. Sa démonstration, basée sur les propriétés de la fonction de Green, paraîtra prochainement.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Observations de M.* **Mesnager** *au sujet d'une Communication de M. Sudria*, présentée dans la séance du 23 avril 1923.

On peut transformer immédiatement la règle indiquée en l'énoncé plus simple et presque évident :

Les maxima de la courbe de déplacements verticaux d'une poutre entre deux appuis de niveau, se trouvent aux points pour lesquels s'annulent les efforts tranchants des charges fictives $\frac{M}{EI}\,dx$ du tronçon limité à ces appuis et posé sur eux.

Démonstration. — On sait que l'élastique est la courbe des moments fléchissants du tronçon posé, supportant les charges fictives, et aussi que l'effort tranchant est la dérivée du moment fléchissant par rapport à l'abscisse.

OCÉANOGRAPHIE. — *Les croisières de l'Office scientifique et technique des pêches en* 1923. Note de M. **L. Joubin**.

J'ai l'honneur d'informer l'Académie que les croisières effectuées par l'Office scientifique et technique des pêches viennent de commencer. Voici les programmes qui ont été préparés, et j'espère qu'en raison du soin qui a été apporté à leur organisation ces croisières donneront des résultats intéressants.

La Commission internationale de la Méditerranée, réunie à Paris au mois de janvier dernier, a réparti le travail à exécuter par chacun des États riverains participants, d'après un plan uniforme préalablement consenti. La part de la France a été confiée au commandant Charcot, qui, à bord du *Pourquoi-Pas?* réalisera la plus grande partie possible du travail dont voici le plan. Le *Pourquoi-Pas?* parti de Cherbourg le 2 mai, est en route pour la Méditerranée; il effectuera la traversée, par l'itinéraire le plus rapide, jusqu'à Antibes, en effectuant les observations ne comportant pas d'arrêt.

Dans cette première escale il embarquera notre confrère M. Haug et effectuera diverses recherches de géologie sous-marine selon la méthode qui a donné, l'an dernier en Manche, d'importants résultats au commandant Charcot.

De là le *Pourquoi-Pas?*, longeant la côte orientale de la Corse et de la Sardaigne, se rendra dans les eaux tunisiennes pour continuer les recherches sur la nature des fonds entre la Sicile et la Tunisie. Le haut fond qui sépare les deux Méditerranées a fait l'objet des études du professeur Pruvôt pendant les deux dernières années. Il faut maintenant étendre cette étude vers Malte et retrouver les vestiges des îles volcaniques éphémères de cette région.

A Tunis, M. le commandant Charcot trouvera M. le professeur Roule, du Muséum, et M. Heldt, de l'Office des pêches. Avec M. Louis Dangeard, ils feront pendant trois semaines l'étude du *Thon rouge* de la Méditerranée. Ce poisson, qui peut dépasser 400^{kg}, est mal connu et il est indispensable de préciser sa biologie et ses migrations, car il fournit la matière première à la plus importante des industries de conserve sur tout le littoral méditerranéen.

Cette étude achevée, le *Pourquoi-Pas?* rentrera en suivant la côte algérienne, où des études océanographiques et relatives à la pêche du corail seront effectuées. Enfin, les dernières semaines de la croisière seront employées à compléter les recherches de l'an dernier sur la géologie sous-marine de l'entrée de la Manche.

Le navire de l'Office des pêches, *La Tanche*, est parti de Lorient le 2 mai. Il est commandé par M. Rallier du Baty, que l'un des naturalistes des pêches, M. Belloc, accompagne; on prendra en passant à Lisbonne, M. Ramalho, directeur de l'Aquarium de cette ville. Le but de la croisière est d'exécuter le programme de travail arrêté par la section de l'Atlantique du Conseil international pour l'étude de la mer, dont le siège est à Copenhague. Nos travaux se font en accord avec les Irlandais, Anglais et Portugais. Il s'agit de continuer les études d'Océanographie pure, relatives à l'hydrographie, à l'extension des nappes d'eau à diverses températures et salinités, à la faune qui s'y rencontre, puis de faire l'étude des fonds en divers points spécialement intéressants; je citerai les deux bancs de Gorringe et de Joséphine, au large de l'entrée de Gibraltar, qui sont probablement des sommets volcaniques; il sera aussi fait une tentative pour retrouver quelque trace des fameuses îles Cassitérides, disparues depuis les temps historiques, au large du cap Finistère. La croisière a pour but industriel d'étudier le *Thon blanc*

ou *Germon*, qui n'est guère mieux connu que le Thon rouge de la Méditerranée et qui fournit, lui aussi, la matière première à l'industrie des conserves de tout notre littoral atlantique.

La croisière de *La Tanche* se divise en trois périodes : la première, actuellement commencée, a lieu dans les eaux comprises entre le Portugal et Madère, puis au retour jusqu'à Lorient en recherchant les Thons pour préciser leur marche à leur arrivée dans nos eaux. La seconde aura lieu du 15 juillet au 30 août, au large du golfe de Gascogne, pour correspondre avec la période de plein rendement de la pêche; la troisième sera conduite en septembre et octobre au sud de l'Irlande pour chercher les conditions de la disparition du Thon qui se produit brusquement en automne dans cette région. Toutes les conditions physiques des eaux seront recherchées dans cette zone pour élucider ce problème de la disparition du Thon.

Un des naturalistes de l'Office des pêches, M. Le Danois, est actuellement à Toronto, où se tient une réunion de la Commission internationale pour l'étude du banc de Terre-Neuve; depuis l'an dernier la France fait partie de cette Commission avec les États-Unis et le Canada. M. Le Danois passera ensuite deux mois sur le stationnaire français du banc de Terre-Neuve, *La Ville d'Ys*, pour faire une série de travaux relatifs à la Morue; je remercie la Marine nationale d'avoir bien voulu lui donner l'hospitalité dont il tirera un excellent parti.

J'espère être à même de présenter à l'Académie, l'automne prochain, quelques résultats intéressants obtenus au cours de ces croisières à la préparation desquelles, mes collaborateurs et moi, nous avons apporté tous nos soins.

NOMOGRAPHIE. — *Sur les équations à quatre variables représentables à la fois par simple et par double alignement.* Note de M. d'OCAGNE.

1. Si une équation à quatre variables est représentable par double alignement, avec charnière rectiligne, on peut rapporter chaque nomogramme partiel, entrant dans la représentation, à deux axes parallèles dont l'un, Au par exemple, en coïncidence avec la charnière, les autres étant Bv pour l'un, Cw pour l'autre. Dans ces conditions, les équations en coordonnées parallèles des systèmes de points à simple cote y intervenant sont

d'une part,
$$uf_1 + vg_1 + h_1 = 0, \qquad uf_3 + vg_3 + h_3 = 0,$$
$$uf_2 + wg_2 + h_2 = 0, \qquad uf_4 + wg_4 + h_4 = 0,$$

de l'autre, et, suivant la remarque de M. Soreau, l'équation représentée peut revêtir la forme

$$(1) \qquad \begin{vmatrix} f_1 & g_1 & 0 & h_1 \\ f_2 & 0 & g_2 & h_2 \\ f_3 & g_3 & 0 & h_3 \\ f_4 & 0 & g_4 & h_4 \end{vmatrix} = 0.$$

Pour que cette équation soit également représentable par un nomogramme à simple alignement avec un réseau de points à deux cotes, il faut et il suffit que ce déterminant à 16 éléments puisse être transformé en un autre à 9 éléments dans lequel deux des lignes ne contiennent respectivement que des fonctions d'une seule des quatre variables, et la troisième des fonctions des deux autres.

Pour avoir, dans une même ligne, des fonctions de deux des variables, il faudra combiner linéairement les éléments de deux des lignes de (1); mais, de plus, pour que le déterminant se réduise de 16 à 9 éléments, il faudra que cette combinaison fasse apparaître trois éléments nuls dans une même colonne.

Pour réaliser une telle transformation, une idée se présente tout d'abord : on peut remarquer que toutes les fonctions g_i sont nécessairement différentes de zéro; si, en effet, l'une d'elles était nulle, le système coté correspondant aurait pour support l'axe Au, c'est-à-dire la charnière, ce qui est impossible. Il est donc loisible de diviser tous les éléments de la $i^{\text{ième}}$ ligne par g_i, et, par suite, sans restreindre le moins du monde la généralité du problème, de mettre l'équation (1) sous la forme

$$(1\ bis) \qquad \begin{vmatrix} f_1 & 1 & 0 & h_1 \\ f_2 & 0 & 1 & h_2 \\ f_3 & 1 & 0 & h_3 \\ f_4 & 0 & 1 & h_4 \end{vmatrix} = 0.$$

Dans ces conditions, il suffit de remplacer les éléments de la deuxième ou de la quatrième ligne par la différence de ces éléments pour obtenir le déterminant

$$\begin{vmatrix} f_1 & 1 & h_1 \\ f_3 & 1 & h_3 \\ f_2-f_4 & 0 & h_2-h_4 \end{vmatrix} = 0,$$

qui semble, au premier abord, fournir une solution de la question.

Mais, en réalité, il n'en n'est pas ainsi, car la troisième ligne de ce déter-

minant donne naissance à l'équation

$$u(f_2 - f_4) + h_2 - h_4 = 0,$$

à laquelle ne correspond qu'un système de points *condensés* (et non un réseau de points à deux cotes), défini par une échelle binairc accolée à l'axe Au, ce qui revient, comme dans le cas du double alignement, à opérer une dissociation.

2. Pour obtenir le résultat voulu, il faut dès lors avoir recours à une particularisation permettant d'introduire tout d'abord deux éléments nuls dans l'une des colonnes qui n'en comportent pas dans le cas général (la première, par exemple).

Les fonctions f_i ne peuvent être remplacées à la fois par des zéros pour un même nomogramme partiel, car les échelles correspondantes seraient alors portées toutes deux sur l'axe Bv, ou Cw, ce qui constitue une impossibilité; mais l'une d'elles peut l'être, l'autre pouvant alors être remplacée par l'unité. On a ainsi le type plus particulier d'équation, pour lequel les supports des échelles (z_1) et (z_3) sont respectivement Bv et Cw,

$$(2) \qquad \begin{vmatrix} 0 & g_1 & 0 & h_1 \\ 0 & 0 & g_2 & h_2 \\ 1 & g_3 & 0 & h_3 \\ 1 & 0 & g_4 & h_4 \end{vmatrix} = 0.$$

Si, avec un déterminant de cette forme, nous appliquons aux troisième et quatrième lignes la même transformation que ci-dessus, nous obtenons cette fois l'équation

$$(3) \qquad \begin{vmatrix} g_1 & 0 & h_1 \\ 0 & g_2 & h_2 \\ g_3 & -g_4 & h_3 - h_4 \end{vmatrix} = 0,$$

qui résout bien le problème à la condition, ce qui est le cas général, que les points (z_3, z_4) soient géométriquement en nombre ∞^2. D'ailleurs, les fonctions g_1 et g_2 étant alors nécessairement différentes de zéro, le type d'équation ne perd rien de sa généralité si l'on y pose $g_1 = g_2 = -1$ [ce qui revient à diviser dans (2) les éléments des deux premières lignes respectivement par $-g_1$ et $-g_2$], et l'on a alors l'équation

$$(3\ bis) \qquad \begin{vmatrix} -1 & 0 & h_1 \\ 0 & -1 & h_2 \\ g_3 & -g_4 & h_3 - h_4 \end{vmatrix} = 0,$$

qui, développée, s'écrit

$$(4) \qquad h_1 g_3 + h_3 = h_2 g_4 + h_4.$$

Tel est donc le type (très fréquent dans les applications) le plus général des équations susceptibles du double mode de représentation indiqué.

Si l'on rapporte aux axes Bv et Cw le réseau de points à deux cotes (z_3, z_4) résultant de l'équation (3 *bis*), on voit qu'il est défini en coordonnées parallèles par l'équation

$$(5) \qquad g_3 v - g_4 w + h_3 - h_4 = 0,$$

les systèmes (z_1) et (z_2) étant d'ailleurs identiques à ceux du nomogramme à double alignement. Au surplus, le réseau (z_3, z_4) ne se réduit à un système de points condensés que dans des cas tout à fait exceptionnels, par exemple lorsque les fonctions g_3 et g_4 sont remplacées par des constantes, auquel cas les points (z_3, z_4) se condensent sur une parallèle aux axes Au et Bv, ou lorsqu'on a $h_3 = ag_3$, $h_4 = bg_4$, a et b étant des constantes, auquel cas les points (z_3, z_4) se condensent sur la droite qui joint les points $u + a = 0$ et $v + b = 0$, et, en particulier, si $a = b = 0$, sur l'axe AB des origines.

Mais, d'une manière générale, l'équation (3 *bis*) définit bien un nomogramme à simple alignement avec réseau de points à deux cotes z_3 et z_4. Selon les circonstances, on aura dès lors le choix, en pareil cas, entre l'un et l'autre type de nomogramme. Si l'on ne se place qu'au point de vue de la facilité de la construction, en même temps que de la netteté de la lecture et, conséquemment, de la précision de l'interpolation à vue, c'est évidemment la solution par double alignement qui devra avoir la préférence.

3. Il n'est pas sans intérêt de remarquer qu'il existe une liaison géométrique des plus simples entre le point à deux cotes (z_3, z_4) du nomogramme à simple alignement, que nous appellerons point M_{34}, et les points à simple cote (z_3), ou M_3, et (z_4), ou M_4, du nomogramme à double alignement.

En effet, les faisceaux (z_3) et (z_4) du nomogramme à double alignement ont respectivement pour équations, d'après (2),

$$(6) \qquad \begin{cases} u + g_3 v + h_3 = 0, \\ u + g_4 w + h_4 = 0, \end{cases}$$

d'où il résulte que les projections M'_3 et M'_4 des points M_3 et M_4, faites respectivement à partir du point $A(u = 0)$ sur Bv et Cw, sont déterminées par

$$g_3 v + h_3 = 0 \quad \text{et} \quad g_4 w + h_4 = 0.$$

Ces équations, rapprochées de (5), font déjà ressortir que le point M_{34} se trouve sur la droite $M'_3 M'_4$. De plus, cette équation (5) montre que

$$\frac{M_{34}M'_3}{M_{34}M'_4} = \frac{g_3}{g_4}.$$

Mais les équations (6) donnent de même

$$\frac{M_3 A}{M_3 M'_3} = -g_3, \qquad \frac{M_4 M'_4}{M_4 A} = -\frac{1}{g_4}.$$

Faisant le produit de ces trois dernières égalités, on a

$$\frac{M_{34}M'_3 \times M_3 A \times M_4 M'_4}{M_{34}M'_4 \times M_3 M'_3 \times M_4 A} = 1,$$

ce qui prouve que les points M_3, M_4 et M_{34} sont en ligne droite. Ainsi donc, *si* M'_3 *et* M'_4 *sont les projections respectives de* M_3 *et* M_4 *sur* Bv *et* Cw, *faites à partir de l'origine* A *de* Au, *le point* M_{34} *se trouve à l'intersection des droites* $M_3 M_4$ *et* $M'_3 M'_4$.

Ce théorème permet une facile détermination individuelle des points M_{34} ; mais elle se prête souvent aussi à des constructions très simplifiées des faisceaux (z_3) et (z_4) lorsque, au moyen de l'équation (5), on a défini tout d'abord leur nature géométrique. Supposons, par exemple, que l'on ait reconnu que les lignes (z_3) sont des droites issues de B et les lignes (z_4) des ellipses de diamètre BC, tangentes à Bv et Cw. L'une ou l'autre de ces lignes sera entièrement déterminée par son intersection avec l'axe Oy (parallèle à Bv et Cw, menée par le milieu O de BC). Ces points sont, d'après (5), les points M_{34} pour lesquels $g_3 + g_4 = 0$. On les obtient donc immédiatement sur Oy en tirant les droites unissant les points M_3 et M_4 dont les cotes sont liées par cette dernière relation.

Ce cas particulier est précisément celui qu'offre le nomogramme à double alignement de la formule de Bazin pour la vitesse d'écoulement de l'eau dans les canaux découverts ([1]). Ayant disposé les deux nomogrammes partiels (qui sont superposés à l'endroit cité) symétriquement par rapport à la charnière, et transformé le nomogramme partiel de U et I, en changeant le sens de la graduation en I, il suffit de tirer les droites joignant les points (R) aux points (U) tels que $4R = U$. Chacune de ces droites coupe l'axe Oy (charnière primitive) en un point qui, joint à l'origine B, fournit la droite (R), et, pris comme extrémité du diamètre conjugué

([1]) *Traité de Nomographie*, 1re édition, p. 233; 2e édition, p. 282.

de OB, détermine l'ellipse (U); ces faisceaux (R) et (U) constituent le réseau (R, U) du nomogramme à simple alignement qui, avec les mêmes échelles (γ) et (I) que celui à double alignement, représente encore la formule de Bazin.

PALÉONTOLOGIE. — *Les rameaux phylétiques des Éléphants.* Note [1] de MM. C. **Depéret** et L. **Mayet.**

Les recherches phylogéniques, que nous avons poursuivies sur les Éléphants fossiles, nous ont amenés à abandonner les généalogies proposées par nos prédécesseurs et à envisager cette question de façon toute différente.

Jusqu'ici, la presque unanimité des paléontologistes rattachaient les Éléphants aux Mastodontes par une sorte de trait d'union que représentait un groupe de grands Proboscidiens des Siwaliks de l'Inde, les *Stegodon.*

Or les *Stegodon*, au crâne bas, au squelette bas et trapu, sans aucune affinité avec le squelette élancé des Éléphants, constituent un rameau phylétique tout à fait indépendant de celui des Éléphants, opinion également admise par Airaghi et H.-F. Osborn.

D'autre part, il est impossible de regarder les Éléphants, animaux de très grande taille, différenciés au maximum, à dentition extrêmement réduite et spécialisée, comme étant au début de leur évolution. Ils représentent l'épanouissement, et vraisemblablement, la terminaison, d'un *faisceau de rameaux* évolutifs qui peu à peu s'éteignent et dont les Éléphants actuels sont les derniers représentants.

Le seul point bien établi, c'est que les Éléphants apparaissent simultanément dans l'Inde et en Europe sous forme d'une espèce déjà très évoluée, l'*Elephas planifrons* Falconer, venu par une « migration brusque » dont nous ignorons même le point de départ.

D'autres migrations, aussi énigmatiques encore quant à leur origine que celle d'*E. planifrons*, ont fait se répandre ensuite, dans l'ancien Continent, au cours du Pliocène supérieur et du Quaternaire, d'autres Éléphants qui, avec ceux du groupe *E. planifrons*-*E. meridionalis*, se répartissent en cinq groupes évolutifs parallèles comprenant huit rameaux indépendants dont les points de contact et de bifurcation nous sont encore totalement inconnus.

---

[1] Séance du 30 avril 1923.

En voici l'énumération :

Premier groupe (*Elephas planifrons* - *E. meridionalis*) :

Premier rameau (*E. planifrons* - *E. meridionalis*). — Ce rameau débute brusquement, par migration d'origine lointaine à la limite du Pliocène moyen et du Pliocène supérieur, à la fois dans l'Inde et en Europe. Il traverse tout le Pliocène supérieur et atteint l'extrême base du Quaternaire (Sicilien ou Cromérien) après lequel il s'éteint sans laisser de descendants. La série des mutations est la suivante :

1. *Elephas planifrons* Falconer.
2. *Elephas meridionalis*, mutation archaïque de passage à l'*Elephas planifrons*.
3. *Elephas meridionalis* Nesti, forme type villafranchienne.
4. *Elephas meridionalis*, mutation évoluée du Saint-Prestien.
5. *Elephas meridionalis*, mutation récente ou *cromerensis* du Quaternaire inférieur (Cromérien).

Deuxième groupe (*Elephas antiquus*) :

Deuxième rameau (*E. ausonius* - *E. antiquus*). — Ce rameau débute avec le Pliocène supérieur d'Italie et d'Angleterre et se continue sans interruption jusqu'à la fin du Tyrrhénien de l'Europe centrale et occidentale (Chelléen et Acheuléen). La série des mutations comprend :

Elephas ausonius F. Major, mutation pliocène du rameau en Italie (Astésan, Toscane).

Elephas antiquus Falconer, avec toute une série de mutations à taille croissante reliant l'*E. ausonius* à l'*E. antiquus* de faible taille du Sicilien, à l'*Elephas antiquus* type du Milazzien et à l'*Elephas antiquus* géant, terminal, du Thyrrhénien.

Troisième rameau (*E. melitensis*-*E. atlanticus*). — Ce rameau comprend des formes naines insulaires méditerranéennes, des formes naines péri-méditerranéennes et des formes évoluées péri-méditerranéennes.

Elephas melitensis Falconer avec une série de variétés (*E. cypriotes*, *E. creticus*, *E. mnaidrensis*), mutations archaïques du rameau.

Elephas atlanticus Pomel (Algérie) et *Elephas priscus* Falconer (Angleterre), mutations évoluées du rameau.

Elephas iolensis Pomel, mutation collatérale naine persistant en Algérie jusqu'à la fin du Quaternaire (Monastirien).

Troisième groupe (*Elephas primigenius* et *Elephas trogontherii*). — Ce groupe comprend les véritables Mammouths caractérisés par leurs défenses fortement spiralées, leur crâne comprimé d'avant en arrière (Éléphants

brachycéphales) à vertex très élevé, à front plat, à molaires larges, avec bandes d'émail régulières, dépourvues de sinus loxodontes.

Quatrième rameau (*E. trogontherii*). — *Elephas trogontherii* Pohlig. Cette espèce apparaît dans le Villafranchien de l'Astésan, se continue pendant la plus grande partie du Quaternaire et s'éteint, sans laisser de descendants, à la fin du Tyrrhénien.

Cinquième rameau (*E. astensis-E. primigenius*). — *Elephas primigenius* Blumenbach mut. *astensis*, forme villafranchienne (Astésan) du rameau.

Elephas primigenius, type qui continue le rameau pendant tout le Quaternaire.

Sixième rameau (*E. primigenius sibiricus*). — *Elephas primigenius* Blumenbach forme *sibiricus*. Le Mammouth sibérien, venu sans doute du nord de l'Eurasie, éteint depuis pas très longtemps, représente un rameau spécial, à toison laineuse épaisse, à longue crinière, caractères qui, joints à ceux de ses molaires, ne permettent pas de le rattacher au rameau précédent qui a évolué en climat chaud ou tempéré et s'est éteint lors du refroidissement intense post-glaciaire.

Quatrième groupe (*Elephas indicus*) :

Septième rameau (*E. namadicus-E. indicus*). — *Elephas namadicus* Falconer, du Quaternaire de la Narbada (Inde centrale).

Elephas indicus Lin., espèce actuelle de l'Inde.

Cinquième groupe (*Elephas africanus*) :

Huitième rameau (*E. africanus*). — *Elephas africanus* Lin. *fossilis*, connu dans quelques gisements quaternaires péri-méditerranéens, mutation très voisine de la suivante.

Elephas africanus, espèce actuelle d'Afrique.

Comme conclusion à cette énumération :

L'origine des Eléphantidés est encore ignorée.

Ces animaux sont arrivés dans l'Inde et en Europe au début du Pliocène supérieur, par une migration brusque, à point de départ inconnu.

Le rameau *E. planifrons-E. meridionalis* apparaît à l'extrême début du Villafranchien, mais il est bientôt accompagné par trois autres rameaux : 1° *E. ausonius-E. antiquus*; 2° *E. trogontherii*; 3° *E. primigenius astensis* qui viennent en Europe avant la fin du Pliocène et évoluent parallèlement, plus ou moins longtemps, dans le Quaternaire, sans aucun point de contact les uns avec les autres.

E. primigenius sibiricus, le Mammouth sibérien, paraît avoir une origine différente, probablement du nord de l'Eurasie.

E. indicus actuel aurait son origine dans le Quaternaire de l'Inde centrale.

Enfin le rameau d'*E. africanus* actuel est tout à fait indépendant et a vraisemblablement une origine africaine.

M. le **Secrétaire perpétuel**, de la part de M. **Ed. Imbeaux**, fait hommage à l'Académie d'une brochure publiée à l'occasion de l'inauguration du monument élevé à Dijon, par souscription internationale, à la mémoire d'*Henri Bazin* et qui contient, notamment, des discours de MM. **G. Lemoine**, **G. Kœnigs** et **M. d'Ocagne**.

M. **L. De Launay**, en présentant à l'Académie un ouvrage intitulé *Descartes*, s'exprime comme il suit :

Dans cet ouvrage de format restreint, j'ai moins cherché à étudier le philosophe et le savant qu'à faire connaître l'homme et à montrer comment son œuvre se rattache à sa vie. Ce livre fait partie d'une collection intitulée : *les Grands Hommes de France*. Il est inutile de rappeler la place considérable que tient Descartes dans l'histoire des sciences. Mais on connaît généralement moins le personnage très particulier, très original dont j'ai pu retracer l'existence et reconstituer le milieu.

M. **G. Urbain** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de F. W. Aston, traduit par Mlle S. Veil : *Les Isotopes*, dont il a écrit la *Préface*.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Section de Botanique, en remplacement de M. *Gaston Bonnier*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 56,

M. Marin Molliard	obtient	35	suffrages
M. Paul Guérin	»	10	»
M. Auguste Chevalier	»	6	»
M. Louis Blaringhem	»	4	»

Il y a 1 bulletin nul.

M. **Marin Molliard**, ayant obtenu la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

NOMINATIONS.

M. E.-L. **Bouvier** est désigné pour représenter l'Académie aux fêtes qui auront lieu, en l'honneur du *Centenaire de Pasteur*, à Dôle, Arbois, Lons-le-Saunier et Besançon, du 26 au 29 mai.

M. H. **de Chardonnet** représentera également l'Académie aux fêtes de Besançon.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Louis Roy. *L'Électrodynamique des milieux isotropes en repos d'après Helmholtz et Duhem.*

2° *Notes ethnographiques sur des populations habitant les bassins du Kasai et du Kwango oriental : 1. Peuplades de la forêt ; 2. Peuplades des prairies*, par E. Torday et T. A. Joyce.

3° Félix Lagrange. *Traité des tumeurs de l'œil, de l'orbite et des annexes.* (Présenté par M. Bazy.)

4° W. Kopaczewski. *Théorie et pratique des colloïdes en biologie et en médecine.* (Présenté par M. H. Vincent.)

5° Charles Nordmann. *Le royaume des cieux. Un peu du secret des étoiles.* (Présenté par M. G. Bigourdan.)

6° Stefan Christesco. *Systèmes cellulaires des Mondes. La lumière relative et l'expérience de Michelson.* (Présenté par M. D. Berthelot.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certains polynomes orthogonaux.* Note de M. **Pierre Humbert**, présentée par M. Appell.

Dans un intéressant Mémoire, récemment paru aux *Annali di Matematica*, M. Abramesco a fait l'étude d'une classe de polynomes orthogonaux, qu'il appelle polynomes de Darboux généralisés, et qui, si l'on se borne au cas le

plus simple, sont les polynomes $P_{2n}(x)$, d'ordre $2n$, vérifiant les $2n$ équations

$$\left.\begin{aligned}\int_{a_0}^{a_1}\varphi(x)\,x^s\,P_{2n}(x)\,dx=0\\ \int_{a_1}^{a_2}\varphi(x)\,x^s\,P_{2n}(x)\,dx=0\end{aligned}\right\}\qquad (s=0,\,1,\,\ldots,\,n-1),$$

où φ est une fonction positive et intégrable dans les intervalles (a_0, a_1), (a_1, a_2), les a étant des constantes. Au cours de recherches, dont je n'ai pas encore publié les résultats, sur les confluences de la série hypergéométrique supérieure de Clausen, j'ai précisément rencontré des polynomes intéressants à divers points de vue, qui se trouvent appartenir à la classe de M. Abramesco, et sur lesquels je vais énoncer quelques propositions.

Ce sont les polynomes d'ordre $2n$, ne contenant que des termes de degré pair, définis par

$$P_{2n}(x)=\frac{e^{x^2}}{n!}\,\frac{d^n}{dx^n}(x^n e^{-x^2}),$$

généralisation directe des polynomes d'Abel,

$$P_n=\frac{e^{x}}{n!}\,\frac{d^n}{dx^n}(x^n e^{-x}).$$

De même que ces derniers s'écrivent à un facteur près (l'astérisque indiquant la confluence)

$$P_n=e^x F(n+1,\,\star\,;\,1\,;-x),$$

les polynomes P_{2n} s'écriront

$$P_{2n}=e^{x^2}F\left(\frac{n}{2}+1,\,\frac{n}{2}+\frac{1}{2},\,\star\,;\,1,\,\frac{1}{2};\,-x^2\right).$$

Leur fonction génératrice s'obtient par la méthode de Lagrange

$$\frac{e^{\frac{x^2 h(h-2)}{(1-h)^2}}}{1-h}=\sum_0^\infty h^n\,P_{2n}(x).$$

On en tire, par un procédé connu, les propriétés d'intégrales définies

$$\int_0^\infty e^{-x^2}x^s\,P_{2n}(x)\,dx=0\qquad(s=0,\,1,\,\ldots,\,n-1)$$

et, évidemment,

$$\int_{-\infty}^0 e^{-x^2}x^s\,P_{2n}(x)\,dx=0\qquad(s=0,\,1,\,\ldots,\,n-1)$$

qui montrent que les polynomes P_{2n} sont bien des polynomes de Darboux généralisés, avec

$$a_0 = -\infty, \qquad a_1 = 0, \qquad a_2 = +\infty, \qquad \varphi = e^{-x^2}.$$

Ces polynomes jouissent encore de quelques autres propriétés : ainsi, ce qui est évident par suite des relations intégrales ci-dessus, P_{2n} s'exprime linéairement en fonction des polynomes d'Hermite, depuis U_n jusqu'à U_{2n}. Cette expression pourra d'ailleurs s'écrire d'une façon particulièrement simple : écrivons, sous la forme suivante, le développement de x^n en série de polynomes d'Hermite

$$x^n = \sum_q \alpha_{n-2q} U_{n-2q}(x). \qquad \left(q = 0, 1, \ldots, E\frac{n}{2}\right),$$

on aura alors

$$n!\, P_{2n}(x) = \sum_q \alpha_{n-2q} U_{2n-2q}(x),$$

si l'on prend pour le polynome d'Hermite la forme

$$U_m = e^{x^2} \frac{d^m}{dx^m} e^{-x^2}.$$

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur les lois stables en calcul des probabilités.* Note de M. **Paul Lévy**, présentée par M. Hadamard.

Une loi de probabilité à une variable est dite *stable* si, a_1 et a_2 étant deux coefficients positifs quelconques, et x_1 et x_2 deux variables indépendantes régies par cette loi, la somme $a_1 x_1 + a_2 x_2$, divisée par un facteur convenable, fonction de a_1 et a_2, obéit à la même loi. J'ai établi, dans une Note antérieure ([1]), l'existence de lois symétriques stables que j'ai désignées par L_α. Il peut exister des lois dissymétriques stables; pour ces lois, que je désignerai par L'_α, on a nécessairement

(1) $$\psi(z) = \log\varphi(z) = -(a + bj)\,|z|^\alpha,$$

$\varphi(z)$ désignant la *fonction caractéristique*, valeur probable de e^{izx}, α étant compris entre 0 et 2, a étant réel et positif, b réel et j désignant $+i$ ou $-i$ suivant que z est positif ou négatif. La question se pose de savoir si ces lois

([1]) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1118.

existent effectivement; il faut et il suffit pour cela que la *fonction des probabilités élémentaires*

(2) $$f(x)=\frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty}e^{-ixz}\varphi(z)\,dz$$

soit positive ou nulle pour toutes les valeurs réelles de x.

La réponse est évidemment négative dans le cas limite $\alpha=2$. La partie réelle du rapport $\frac{\varphi(z)-1}{z^2}$ a en effet toujours, pour $z=0$, une limite bien déterminée, finie ou infinie suivant que la valeur quadratique moyenne de x est finie ou infinie, et, dans le premier cas, $\varphi''(0)$ a une valeur bien déterminée, réelle et négative. Pour $\alpha=1$, la réponse est tout aussi simple, mais affirmative, l'addition du terme imaginaire à $\psi(z)$ équivalant à l'addition d'une constante à x. Nous allons résoudre la question dans le cas où α n'est pas entier, par une méthode qui s'applique d'ailleurs au cas où $\alpha=1$, mais non au cas où $\alpha=2$.

Soit $\mathcal{L}'_\alpha$ une loi dont la fonction des probabilités élémentaires ait la valeur $\frac{c}{x^{\alpha+1}}$ si $x>X$ et $\frac{c'}{|x|^{\alpha+1}}$ si $x<-X$, c et c' étant des constantes positives ou nulles, mais non nulles toutes deux; entre $-X$ et $+X$, cette fonction sera positive ou nulle, et déterminée de manière que la probabilité totale soit bien égale à l'unité et que la valeur probable de x, si elle est déterminée (c'est-à-dire si $\alpha>1$), soit nulle. Cela est évidemment possible si l'on a pris X assez grand.

En raisonnant comme dans ma précédente Note, on trouve que pour cette loi le logarithme de la fonction caractéristique est de la forme

$$\psi_1(z)=-\pi\frac{(c+c')\cos\frac{\pi}{2}\alpha-(c-c')j\sin\frac{\pi}{2}\alpha}{\sin\pi\alpha}\frac{|z|^\alpha}{\Gamma(\alpha+1)}[1+\varepsilon(z)],$$

$\varepsilon(z)$ tendant vers zéro avec z. Si alors n variables indépendantes obéissent à cette loi, le quotient de leur somme par $N=n^{\frac{1}{\alpha}}$ obéit à une loi $\mathcal{L}'^{n}_{\alpha}$ qui tend, pour n infini, vers une loi limite bien déterminée, et pour laquelle on a

$$\psi(z)=-\pi\frac{(c+c')\cos\frac{\pi}{2}\alpha-(c-c')j\sin\frac{\pi}{2}\alpha}{\sin\pi\alpha}\frac{|z|^\alpha}{\Gamma(\alpha+1)}.$$

C'est une loi L'_α. L'existence de ces lois est ainsi établie, si

(3) $$|b|\leqq a\left|\operatorname{tang}\frac{\pi}{2}\alpha\right|.$$

Cette condition, suffisante, semble également nécessaire.

Le cas limite, obtenu en annulant c ou c', présente des particularités curieuses, si $\alpha < 1$. Prenant par exemple $c' = 0$ et donnant à c une valeur convenable, on trouve pour $f(x)$ l'expression

$$f(z) = \frac{1}{\pi}\int_0^\infty e^{-z^\alpha}\cos\left(xz - z^\alpha \operatorname{tang}\frac{\pi}{2}\alpha\right)dz. \tag{4}$$

Pour la loi $\mathfrak{L}'_\alpha$, c' étant nul, la limite inférieure de la variable est $-X$; pour la loi $\mathfrak{L}'^n_\alpha$, cette limite inférieure est donc $-\frac{n}{N}X$, et pour la loi L'_α considérée, elle est nulle; les valeurs négatives de x sont donc impossibles, tandis que toutes les valeurs positives sont effectivement possibles. La fonction $f(x)$ est alors nulle pour x négatif ou nul, mais positive pour x positif. Toutes ses dérivées sont d'ailleurs bien déterminées et continues, même à l'origine; elles sont donc nulles pour x négatif ou nul. On a ainsi les formules

$$\int_0^\infty z^{2h}\quad e^{-z^\alpha}\cos\left(xz - z^\alpha \operatorname{tang}\frac{\pi}{2}\alpha\right)dz = 0,$$
$$\int_0^\infty z^{2h+1}\, e^{-z^\alpha}\sin\left(xz - z^\alpha \operatorname{tang}\frac{\pi}{2}\alpha\right)dz = 0,$$
$$(x \leqq 0;\ h = 0, 1, 2, \ldots, \infty).$$

Pour x infiniment petit positif, la fonction $f(x)$ décroît évidemment plus rapidement que n'importe quelle puissance de x. On peut préciser son ordre de grandeur, en utilisant l'équation intégrale

$$f\left(\frac{x}{A}\right) = \frac{A}{a_1 a_2}\int_0^x f\left(\frac{y}{a_1}\right) f\left(\frac{x-y}{a_2}\right)dy, \qquad (A^\alpha = a_1^\alpha + a_2^\alpha), \tag{5}$$

qui exprime que la loi est stable. On trouve ainsi que $\log\frac{1}{f(x)}$ est de la forme $\frac{1}{x^{\beta+\varepsilon}}$, $\left[\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}, \varepsilon \text{ tendant vers zéro avec } x \text{ (}^1\text{)}\right]$.

Naturellement, aucune des particularités indiquées ne subsiste si α est compris entre 1 et 2. Dans ce cas, $f(x)$ est une fonction entière.

---

(1) Je n'ai pas démontré rigoureusement que ε tend vers zéro. Mais on constate aisément que, en annulant ε, on trouve pour les deux membres de l'équation (5) des expressions qui, sans être équivalentes, ont des logarithmes équivalents. Si l'on donne à ε une valeur constante non nulle, l'un ou l'autre de ces logarithmes l'emporte, suivant le signe de cette valeur. D'autre part, l'hypothèse que ε change une infinité de fois de signe est bien peu probable, la stabilité impliquant évidemment une certaine régularité de la fonction $f(x)$; on peut préciser cette remarque en donnant à a_2 une valeur très petite. Dans ces conditions, il est difficile de douter que ε tende vers zéro; mais la démonstration rigoureuse exigerait sans doute des calculs assez pénibles.

GÉOMÉTRIE. — *Systèmes de points surabondants dans le plan; application à l'étude de certaines surfaces.* Note de M. **Bertrand Gambier**, présentée par M. G. Kœnigs.

1. J'ai indiqué dans une Note précédente le moyen de construire tous les groupes de points surabondants pour un degré donné m [1].

Voici un critérium général : supposons que par H points donnés P on puisse mener une courbe algébrique C_m; par P menons une C_n, distincte de C_m : si $n > m$, c'est certainement possible, si $n \leqq m$, cela *peut* être possible. C_m et C_n ont en commun un groupe nouveau V : suivant qu'il n'existe pas ou qu'il existe des courbes C_{n-3} contenant V, le groupe P est normal ou anormal pour le degré m; dans ce dernier cas, la surabondance de P pour le degré m est le nombre de courbes C_{n-3} linéairement distinctes contenant V.

2. Pour un groupe P, il est utile de connaître le degré minimum, μ, des courbes algébriques contenant P. Si P est normal pour le degré μ, il est normal pour tous les degrés supérieurs. Si pour le degré μ, P est anormal, appelons $s, s_1, \ldots, s_p$ les surabondances de P pour les degrés μ, $\mu+1, \ldots$, $\mu+p$: il importe de montrer que l'on a, *égalité exclue*, $s > s_1 > s_2 > \ldots$, jusqu'au moment où la surabondance s'annule : si s_p est la première surabondance nulle, les surabondances suivantes sont toutes nulles. J'ai donné le moyen de calculer très simplement les différences $s - s_1$, $s_1 - s_2$, ...

3. H points P étant surabondants pour un degré M, on détermine le degré minimum μ des courbes algébriques contenant P et la surabondance s pour ce degré μ. Enlevant s points surabondants *convenablement choisis*, il reste $H - s$ points P' *fondamentaux;* on ne peut marquer *a priori* dans le plan que $H - s - t$ points P'' choisis arbitrairement : j'ai appris à déterminer t. Deux cas sont possibles et deux seulement : dans le premier, les $s + t$ points $P - P''$ ont un nombre fini de configurations obtenues algébriquement : pour chaque solution la détermination des t points $P' - P''$ donne rationnellement les s points $P - P'$; dans le second cas, les $s + t$ points $P - P''$ décrivent tous un lieu géométrique, en général, le même pour tous, soit C; ils réalisent sur C une involution I^t_{s+t}.

Un exemple intéressant est fourni par 18 points P de surabondance 1 pour le degré 5; à 16 points *arbitraires* (en particulier non situés sur une

[1] *Systèmes linéaires de courbes algébriques admettant un groupe de points bases donnés* (*Comptes rendus*, t. 175, 26 décembre 1922.

même C_4) correspondent 6 couples complétant le groupe. Or, on peut s'arranger pour mettre en évidence à la fois les points $P_1, P_2, \ldots, P_{16}$ choisis et les 6 couples A, A'; B, B'; ..., F, F' associés. Étant donnés deux points A, A' et deux points B, B' choisis arbitrairement dans le plan, appelons (A, B) le point commun aux droites AA' et BB'. Si l'on choisit trois couples A, A'; B, B'; C, C', et si l'on circonscrit deux quintiques à ces 6 points et aux 3 points (B, C), (C, A), (A, B), les deux quintiques se coupent en 16 points nouveaux $P_1, P_2, \ldots, P_{16}$ pour lesquels A, A'; B, B'; C, C' sont 3 des 6 couples associés. De même, choisissons *a priori* A, A'; B, B'; C, C'; D, D'; E, E' et circonscrivons deux sextiques à ces 10 points, ainsi qu'aux 10 points $(A, B), \ldots, (D, E)$, elles se coupent en 16 points $P_1, \ldots, P_{16}$ pour lesquels A, A'; ...; (E, E') sont 5 couples associés. Enfin, choisissons arbitrairement 6 couples A, A'; B, B'; ..., F, F'; associons-leur les 15 points $(A, B), \ldots, (E, F)$ et 6 points $V_1, V_2, \ldots, V_6$ choisis *arbitrairement* sur une même droite *quelconque* : deux septiques circonscrites à ces 33 points se coupent en 16 points $P_1, \ldots, P_{16}$ nouveaux pour lesquels A, A'; ...; F, F' sont les 6 couples associés. On remarque aussi que les 16 points $P_1, \ldots, P_{16}$, les 12 points A, A'; B, B', ..., F, F' et les 15 points $(A, B), \ldots, (E, F)$ donnent 43 points bases d'un *réseau* de septiques.

4. J'ai démontré que toute surface algébrique Σ du degré 5 et admettant une cubique gauche Γ pour ligne double est unicursale et peut être représentée sur un plan Π par les formules

$$(1) \qquad \frac{X}{C_4(x, y, z)} = \frac{Y}{C'_4(x, y, z)} = \frac{Z}{C''_4(x, y, z)} = \frac{T}{C'''_4(x, y, z)},$$

où C_4, C'_4, C''_4, C'''_4 sont les quatre quartiques linéairement indépendantes ayant en commun 11 points $P_1, P_2, \ldots, P_{11}$ du plan Π et réciproquement.

Contrairement à ce qui se passe pour le groupe de 18 points de surabondance 1 pour le degré 5, dans un groupe de 13 points de surabondance 1 pour le degré 4, on peut choisir arbitrairement 11 points $P_1, P_2, \ldots, P_{11}$ et il existe, non pas un nombre fini de couples associés, mais bien une infinité (α, α') dont le lieu est une certaine courbe γ du degré 7 admettant $P_1, P_2, \ldots, P_{11}$ pour points doubles : le point A de Σ qui a pour image α a également pour image α' et le point A décrit la cubique gauche Γ ligne double de Σ.

En faisant pivoter un plan autour d'une sécante double AB de Σ on obtient un troisième point variable C décrivant Γ et l'image de la section plane est une quartique du faisceau linéaire $P_1, \ldots, P_{11}$; α, α'; β, β',

quartique découpant sur γ une série linéaire g_2^1. Les droites telles que α, α' qui joignent les images d'un point de Γ enveloppent une conique C_2 image de la courbe unicursale de degré 8 commune à Σ et à la développable des tangentes de Γ. Une droite du plan Π, non tangente à C_2, est l'image d'une quartique gauche unicursale de Σ : la quadrique Q, unique, contenant cette quartique, décrit un réseau et Γ est la courbe commune à toutes ces quadriques. Une droite du plan Π, telle que α, α' tangente à C_2, est l'image d'une quartique gauche unicursale admettant A pour point double, et par suite commune à toutes les quadriques d'un faisceau linéaire; en faisant varier A ou (α, α'), ce faisceau engendre un réseau et chaque quadrique Q_1 du réseau coupe cette fois Σ, en dehors de la quartique unicursale à point double, suivant une courbe de degré 6 ayant pour image l'une des ∞^2 septiques dont $P_1, P_2, \ldots, P_{11}$ sont les points doubles.

Or, en étudiant directement dans le plan Π ces septiques et les séries linéaires découpées sur elles par le système linéaire ∞^3 $(C_4, C'_4, C''_4, C'''_4)$ on est conduit à faire une belle application géométrique du théorème de Riemann-Roch et de la loi de réciprocité de Brill et Nœther, d'où résulte que la courbe correspondante de Σ, qui est de degré 6, admet deux séries distinctes de cordes triples, deux cordes de la même série ne se coupant pas, deux cordes de séries opposées se coupant, de sorte que ces cordes sont les génératrices d'une quadrique du second réseau Q_1 déjà rencontré. Cette étude permet aussi de trouver un critérium géométrique décelant la septique γ au milieu des ∞^2 septiques dont $P_1, P_2, \ldots, P_{11}$ sont les points doubles.

5. J'ai démontré que toute surface algébrique Σ du degré 7 et admettant une cubique gauche Γ pour ligne triple est unicursale et peut être représentée sur un plan Π par les formules

$$(2)\qquad \frac{X}{C_5(x, y, z)} = \frac{Y}{C'_5(x, y, z)} = \frac{Z}{C''_5(x, y, z)} = \frac{T}{C'''_5(x, y, z)},$$

où C_5 C'_5, C''_5, C'''_5 sont les quatre quintiques linéairement indépendantes circonscrites à 18 points $P_1, P_2, \ldots, P_{18}$ *ayant la surabondance* 1 *pour le degré* 5, et réciproquement. Les trois images α, α', α'' d'un point A de Γ sont sur une même droite, qui enveloppe une conique C_2; les points α, α', α'' engendrent une courbe γ de degré 9 dont $P_1, P_2, \ldots, P_{18}$ sont points doubles; réunis à $P_1, P_2, \ldots, P_{18}$ ils forment un groupe de surabondance 3 pour le degré 5, mais ce groupe n'est pas le plus général parmi ceux qui contiennent 21 points et ont la surabondance 3 pour le degré 5.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Le spectre du ciel nocturne*. Note de M. **Jean Dufay**, présentée par M. Maurice Hamy.

La composition spectrale de la lumière propre du ciel nocturne est encore mal connue. Les spectres photographiés jusqu'ici n'avaient montré, d'une manière permanente, que la raie verte de l'aurore boréale dont la présence régulière ne suffit pas à expliquer l'éclat du ciel (¹). L'existence d'un spectre plus étendu ne faisait aucun doute; je me suis proposé de l'étudier par photographie.

Mes observations ont été faites à Montpellier au cours de l'hiver de 1922 et du printemps de 1923. Je me suis servi de plaques très rapides à l'iodobromure d'argent dont la sensibilité est presque nulle pour les radiations jaunes et vertes : elles n'ont jamais été impressionnées par la raie de l'aurore.

L'appareil employé est un spectroscope en quartz très lumineux (²); je l'ai orienté vers le Nord à 30° environ du zénith. La plaque est impressionnée à la fois par la lumière propre du ciel nocturne et par celle des étoiles qui passent dans le champ (environ 200 degrés carrés); mais l'éclairement produit par les étoiles visibles à l'œil nu n'est qu'une faible partie de l'éclairement total. Les poses sont faites par des nuits sans nuages en l'absence de la Lune; le Soleil doit être pendant toute leur durée à plus de 20° sous l'horizon, pour que toute trace de crépuscule soit éliminée. On peut obtenir un spectre durant une seule nuit d'hiver en employant une fente large; avec une fente assez fine pour donner des spectres purs, la pose doit être prolongée pendant plus de 60 heures.

Les clichés montrent un spectre continu s'étendant de 3200 à 4800 Å environ, sillonné de nombreuses raies d'absorption qui toutes appartiennent au spectre solaire. Les raies G, H, K, L sont les plus visibles. J'ai comparé directement le spectre du ciel nocturne à celui de la lumière solaire diffusée par l'atmosphère au crépuscule : la coïncidence des raies dans les deux spectres paraît complète.

Il existe pourtant entre eux une différence frappante : lorsqu'on s'arrange pour avoir sensiblement les mêmes densités photographiques dans la région bleue, le spectre obtenu la nuit s'étend beaucoup plus loin dans l'ultra-

(¹) Ch. Fabry, *Astrophysical Journal*, vol. 50, 1919, p. 308.

(²) Ce spectroscope a été construit par MM. Fabry et Buisson pour l'étude de la nébuleuse d'Orion (*Journal de Physique*, 5ᵉ série, t. 4, 1914, p. 357).

violet. Peut-être ce fait est-il simplement dû à ce que la couche d'ozone absorbante de la haute atmosphère est traversée au crépuscule, sous une épaisseur plus grande ([1]).

Ainsi, dans la région spectrale étudiée, la lumière du ciel nocturne a qualitativement la même composition que la lumière solaire. C'est un premier fait dont il faut tenir compte dans la recherche des causes les plus probables de la luminosité du ciel. Si celle-ci était uniquement due à la présence des étoiles télescopiques (dont les rayons sont en outre diffusés par l'atmosphère), il y aurait lieu de conclure à une prédominance très marquée des étoiles du type solaire. Mais l'éclairement produit par toutes les étoiles, tel qu'on peut le calculer à partir des données statistiques actuellement connues, est beaucoup plus faible que l'éclairement produit par la totalité de la voûte céleste ([2]). Mes observations viendraient alors à l'appui des hypothèses qui attribuent la plus grande partie de l'éclat du ciel à une diffusion de la lumière solaire soit par des particules solides telles que les météorites dont l'existence nous est révélée par les étoiles filantes ([3]), soit par un gaz extrêmement raréfié occupant un volume considérable dans l'espace ([4]). Une étude de la répartition de l'énergie dans le spectre du

---

([1]) J'ai pu constater, avec un appareil plus dispersif, combien il est facile d'obtenir au crépuscule les bandes d'absorption ultra-violettes de l'ozone situées entre 3100 et 3400 Å. Les résultats sont très sensiblement les mêmes vers quelque point du ciel qu'on dirige l'appareil. Seule la distance zénithale du Soleil joue un rôle important. Les rayons solaires ont donc, pour la plupart, traversé la couche absorbante avant d'être diffusés : c'est une nouvelle preuve de la localisation de l'ozone dans la haute atmosphère.

([2]) D'après les études faites à Harvard College, les étoiles à hydrogène (type A) sont les plus nombreuses, et leur prépondérance s'accroît à mesure qu'on envisage des étoiles plus faibles; dans la Voie lactée les deux tiers des étoiles seraient du type A. Or le spectre de la Voie lactée, photographiée par M. Foth (*Astrophysical Journal*, vol. 36, 1912, p. 362), est nettement du type solaire. On pensa que les résultats de Harvard, concernant des étoiles presque toutes plus brillantes que la 8[e] grandeur, ne s'appliquaient pas aux étoiles plus faibles parmi lesquelles le type solaire serait devenu le plus fréquent. On peut maintenant faire une objection à cette manière de voir : l'éclat des régions galactiques les plus brillantes n'étant que deux ou trois fois plus grand que celui des autres régions du ciel, une partie importante de la lumière reçue de la Voie lactée est identique à celle du ciel nocturne. Celle-ci, dont l'origine n'est sans doute pas stellaire, contribue, dans une large mesure, à imprimer dans le spectre de la Voie lactée, les raies métalliques du Soleil.

([3]) P. Salet, *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 994.

([4]) Ch. Fabry, *Journal de Physique*, 5[e] série, t. 7, 1917, p. 89.

ciel nocturne permettra sans doute de choisir entre les deux explications proposées (¹).

THÉORIE DES MARÉES. — *Sur les particularités du régime amphidromique des mers ouvertes.* Note de M. E. **Fichot**, présentée par M. Ch. Lallemand.

Dans une précédente Note (²), j'ai étudié la forme et la loi de succession des lignes cotidales autour des points amphidromiques que détermine dans un canal régulier indéfini la propagation de deux ondes opposées soumises à l'action de la rotation terrestre et possédant la même intensité sur l'axe médian. Lorsque cette dernière condition n'est pas réalisée, la fonction cotidale devra s'écrire, en représentant par ρ le rapport des intensités sur cet axe,

$$\varphi = e^{-\frac{2\omega}{c}y}\, e^{\lambda\left(t-\frac{x}{c}\right)} + \rho\, e^{\frac{2\omega}{c}y}\, e^{\lambda\left(t+\frac{x}{c}-\alpha\right)}.$$

Si nous effectuons la transformation

$$x = x' + \frac{c}{2\mu}(\pi + \alpha\mu), \qquad y = y' - \frac{c}{4\omega}\operatorname{Log}\rho \qquad t = t' + \frac{\alpha}{2},$$

cette fonction cotidale se mettra sous la forme

$$\varphi = r e^{i(\mu t - \theta)} \qquad (\lambda = i\mu),$$

en prenant

$$r = \sqrt{2\rho}\left(\operatorname{ch}\frac{4\omega y}{c} - \cos\frac{2\mu x}{c}\right)^{\frac{1}{2}},$$

$$\theta = \operatorname{arctang}\left(\operatorname{th}\frac{2\omega y}{c}\cot\frac{\mu x}{c}\right).$$

Rien n'est donc changé dans le mouvement résultant, si ce n'est que l'amplitude se trouve partout réduite dans le même rapport et que l'axe des points amphidromiques, pris comme nouvel axe des x, se trouve reporté à une distance $\frac{c}{4\omega}\operatorname{Log}\rho$ de l'axe médian du canal, sur la gauche (hémisphère Nord) de l'onde qui l'emporte en intensité dans la région moyenne.

(¹) Les expériences de lord Rayleigh, faites au moyen d'écrans colorés (*Roy. Soc. Proc.*, série A, vol. 99, 1920, p. 10), paraissent en faveur de la diffusion par des particules solides, de même que les expériences de polarisation du même auteur et de M. H.-A. Babcok (*Astrophysical Journal*, vol. 50, 1919, p. 227 et 228).

(²) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 743.

Selon la valeur de ρ et la largeur du canal, l'axe de l'amphidromie pourra donc être rejeté en dehors des rives et n'avoir ainsi qu'une existence *virtuelle* : c'est le cas de la Manche, où l'axe se trouve situé au nord de la rive anglaise. Dans la mer d'Irlande, l'axe de l'amphidromie se trouve presque tangent à la côte irlandaise et l'on voit effectivement les lignes cotidales concourir en un point situé un peu à l'intérieur des terres, sur le parallèle d'Arklow. Dans la mer du Nord, les points amphidromiques ont une existence effective et leur axe s'écarte peu de la ligne médiane.

De la fonction cotidale, on déduit aisément les composantes u et v du déplacement des molécules et, par suite, les composantes $\dot{u}$ et $\dot{v}$ du courant. Un calcul facile donne

$$\dot{v} = 0, \qquad \dot{u} = r' e^{i(\mu t - \theta')},$$

avec

$$r' = \frac{\mu^2 \sqrt{2\rho}}{c}\left(\operatorname{ch}\frac{4\omega y}{c} + \cos\frac{2\mu x}{c}\right)^{\frac{1}{2}},$$

$$\theta' = \operatorname{arc\,tang}\left(\operatorname{coth}\frac{2\omega y}{c}\cot\frac{\mu x}{c}\right).$$

Ainsi les lignes de courant sont parallèles aux rives. D'autre part, si l'on fait glisser tout l'ensemble des lignes d'égale amplitude de marée et des lignes cotidales de la moitié de l'intervalle $\frac{c\pi}{\mu}$ séparant deux points amphidromiques, on obtiendra ainsi les lignes d'égale intensité du courant et les lignes cofluctuales. Quant à l'heure cofluctuale, elle se déduira de l'heure cotidale de la ligne cotidale déplacée en ajoutant à celle-ci un quart de période, soit 3 heures pour une onde semi-diurne.

En un point quelconque se croisent une ligne cotidale et une ligne cofluctuale dont les angles sont bissectés par les directions des axes. Le décalage entre le courant et la marée est nul (ou égal à π) sur toutes les sections droites passant par les points amphidromiques et les points équidistants : régime des ondes progressives. Il est d'un quart de période (simultanéité des *étales*) sur l'axe de l'amphidromie : régime des ondes stationnaires. A une grande distance de l'axe, le décalage tend à s'annuler (Manche).

Les lignes d'égal décalage, dont l'équation est

$$\theta' - \theta = \delta = \operatorname{arc\,tang}\frac{\sin\frac{2\mu x}{c}}{\operatorname{sh}\frac{4\omega y}{c}},$$

sont d'ailleurs des courbes d'allure sinusoïdale passant par les points

amphidromiques et les ventres intermédiaires, qui sont pour elles autant de centres, et que l'on peut définir géométriquement comme les lieux des points de contact des tangentes soit aux lignes cotidales, soit aux lignes d'égale amplitude, menées parallèlement à une direction donnée : elles ont pour axes de symétrie les sections droites équidistantes des points amphidromiques et des ventres.

Sur toute parallèle aux rives, la vitesse de propagation de la pleine mer est

$$\mu \frac{dx}{d\theta} = -2c \frac{\sin^2 \frac{\mu x}{c} + \operatorname{sh}^2 \frac{2\omega y}{c}}{\operatorname{sh} \frac{4\omega y}{c}}.$$

Les lignes cotidales sont donc plus serrées au voisinage des sections droites passant par les points amphidromiques, plus espacées dans les régions intermédiaires ; c'est naturellement le contraire pour les lignes cofluctuales.

A distance infinie de l'axe, on aurait

$$\frac{dx}{d\theta} = \mp \frac{c}{\mu},$$

ce qui donne bien aux asymptotes de ces courbes la vitesse constante c.

La rotation ω tendant vers zéro (région équatoriale), ωy tend vers

$$-\frac{c}{4} \operatorname{Log} \rho,$$

et l'on obtient ainsi tous les résultats de l'interférence de deux ondes progressives simples, opposées et d'inégale intensité.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la géométrisation des forces électromagnétiques*. Note [1] de M. S. **Rabinovitch**, présentée par M. Hadamard.

M. Paul Dienes revient, dans une Note récente [2] sur la géométrisation des forces électromagnétiques et appuie l'opinion de M. Einstein que ce problème n'est pas résolu par les théories de MM. Weyl et Eddington.

---

(1) Séance du 30 avril 1923.

(2) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 238.

Or il me paraît que les remarques suivantes peuvent servir à élucider ou peut-être à éliminer ce problème.

1. La théorie de M. Einstein réduit la physique, à l'exclusion des phénomènes électromagnétiques, à la géométrie d'un espace courbe à quatre dimensions. La théorie des espaces courbes a été créée par Riemann comme généralisation de la théorie des surfaces de notre espace ordinaire et en est sans doute la généralisation la plus immédiate, surtout lorsqu'on prend comme point de départ la théorie « paramétrique » de Gauss. Mais ce n'est pas l'unique généralisation possible. Je vais en exposer une autre, qui ne me paraît guère moins naturelle et où la théorie électromagnétique rentrera sans aucun effort.

2. Il est plus commode de considérer au lieu des formes quadratiques, qui jouent un rôle fondamental dans la théorie des surfaces, des formes bilinéaires $a_{ij}x^iy^j = a_{11}x^1y^1 + a_{12}x^1y^2 + a_{21}x^2y^1 + a_{22}x^2y^2$. Nous considérerons ces formes comme des opérateurs géométriques qui font correspondre à deux vecteurs un nombre. Nous voulons n'opérer qu'avec des objets ayant une signification géométrique et nous ne nous permettrons pas de considérer séparément les coefficients.

Si nous nous proposons d'étudier géométriquement une surface parfaitement déterminée, sans nous occuper de la représentation paramétrique et du ds^2, c'est la seconde forme différentielle qui joue un rôle prépondérant. La première forme est relativement banale, en ce sens qu'elle peut être réduite en tout point à la forme $x^1y^1 + x^2y^2$. On ne peut pas parler des propriétés de la première forme en tel et tel point parce que les propriétés intrinsèques de cette forme sont les mêmes en tous points; en fait, cette forme ne représente que le produit scalaire de deux vecteurs. La seconde forme, au contraire, nous donne les propriétés de la surface, elle nous fournit les directions principales et la courbure en chaque point. Nous allons voir comment on peut obtenir cette courbure (courbure de Gauss) en partant de la seconde forme (et non pas de ses coefficients, ce qui ne serait pas agir intrinsèquement). Nous supposerons la première forme réduite à $x^1y^1 + x^2y^2$ pour le point considéré. Soit $d_{ij}x^iy^j$ la seconde forme. La forme quadrilinéaire correspondant à la courbure de Gauss et dont les coefficients seront les symboles de Christoffel, composantes du tenseur de Riemann, sera le déterminant

$$R = \begin{vmatrix} d_{ij}x^i\xi^j & d_{ij}x^i\eta^j \\ d_{ij}y^i\xi^j & d_{ij}y^i\eta^j \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} d_{11} & d_{12} \\ d_{21} & d_{22} \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} x^1 & x^2 \\ y^1 & y^2 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} \xi^1 & \xi^2 \\ \eta^1 & \eta^2 \end{vmatrix}.$$

En contractant ceci, nous aurons la forme bilinéaire

$$\begin{vmatrix} d_{11} & d_{12} \\ d_{21} & d_{22} \end{vmatrix} \times (x^1\xi^1 + x^2\xi^2).$$

En contractant encore une fois, nous aurons l'invariant $d_{11}d_{22} - d_{12}^2$, la courbure de Gauss.

Nous voyons ainsi qu'il y a deux choses importantes dans la théorie des surfaces : la seconde forme et la forme quadrilinéaire avec les résultats de ses contractions.

Nous allons voir maintenant comment on généralise ceci pour $n = 4$.

3. Certes, on peut considérer comme généralisation à $n = 4$ de la forme bilinéaire symétrique de l'espace à deux dimensions une forme bilinéaire symétrique; mais la forme bilinéaire antisymétrique $(d_{ij} = d_{ji})$ pour $n = 4$, qui représente une homographie axiale, peut être considérée comme généralisation de la forme symétrique pour $n = 2$ (elles ont cela en commun, que les formes antisymétriques pour $n = 4$ ont deux plans orthogonaux invariables auxquels correspondent deux nombres et qu'elles sont complètement définies par ces deux plans et deux nombres, tout à fait comme les formes symétriques pour $n = 2$ le sont par deux directions principales et les nombres correspondants; je publierai ailleurs la théorie géométrique de ces homographies axiales).

Afin de développer une généralisation de la théorie des surfaces pour $n = 4$, où une forme antisymétrique joue le rôle de la seconde forme différentielle, nous devons former l'expression T semblable à R, mais dans laquelle i et j prennent quatre valeurs 1, 2, 3, 4. Pour la calculer, remarquons que T étant bilinéaire en x, y, ξ, μ et changeant de signe quand on permute x et y ou ξ et η, dépend linéairement de chacun des systèmes

$$\begin{vmatrix} x^i & x^j \\ y^i & y^j \end{vmatrix}, \qquad \begin{vmatrix} \xi^i & \xi^j \\ \eta^i & \eta^j \end{vmatrix}$$

(chacun de ces systèmes consiste, cette fois, en six quantités), soit

$$\mathrm{T} = \mathrm{D}_{ij\alpha\beta} \begin{vmatrix} x^i & x^j \\ y^i & y^j \end{vmatrix}, \qquad \begin{vmatrix} \xi^\alpha & \xi^\beta \\ \eta^\alpha & \eta^\beta \end{vmatrix}.$$

Il est très facile de trouver les expressions des D en d. Nous avons

$$\mathrm{D}_{ij\alpha\beta} = \begin{vmatrix} d_{\alpha i} & d_{\alpha j} \\ d_{\beta i} & d_{\beta j} \end{vmatrix}.$$

Si nous contractons une, puis deux fois, nous obtenons

$$D_{j\beta} = d_{\alpha j}\, d_{\alpha\beta}, \qquad D = d_{\alpha j}\, d_{\alpha j}.$$

En introduisant au lieu de d_{ij} le tenseur antisymétrique *dual* f_{ij}, défini par les égalités $f_{12} = d_{34}$, $f_{13} = d_{42}$, $f_{14} = d_{23}$, $f_{34} = d_{12}$, $f_{42} = d_{13}$, $f_{23} = d_{14}$, nous aurons ainsi l'énergie électromagnétique, si le tenseur antisymétrique f_{ij} représente le tenseur électromagnétique.

Nous voyons qu'il existe une stricte analogie entre la théorie des surfaces et la physique. Il y a deux choses fondamentales dans la première, — la seconde forme et la courbure, — et deux choses fondamentales dans la deuxième (si nous adoptons la théorie électromagnétique de la matière), le tenseur électromagnétique et l'énergie. Or le tenseur électromagnétique correspond à la seconde forme, l'énergie à la courbure et l'énergie se déduit du tenseur électromagnétique de la même manière que la courbure de la seconde forme.

SPECTROSCOPIE. — *Sur l'existence de nouvelles lignes, dont un doublet de Sommerfeld, exclues par le principe de sélection, dans la série* L *des éléments lourds*. Note de MM. **Pierre Auger** et **A. Dauvillier**, présentée par M. G. Urbain.

I. On sait que parmi les combinaisons ML, donnant naissance aux termes de plus basse fréquence de la série L, dans le spectre de rayons X des éléments, on trouve un certain nombre de lignes faibles, β_8, β_9 et β_{11} pourtant exclues par le principe de sélection. Nous avons recherché si le phénomène ne serait pas d'ordre général, et si en poussant toujours plus loin l'étude spectrographique des éléments lourds, on ne verrait pas apparaître toutes les combinaisons ML :

Nous avons pu en effet déceler deux nouvelles raies dans ce groupe. Elles répondent aux combinaisons M_4L_1 et M_5L_1 et correspondent à une variation nulle du quantum azimutal. La première offre cet intérêt particulier de former un doublet de Sommerfeld avec β_{11}. Ce dixième doublet est le premier n'appartenant pas à une série normale, du type optique. Nous avons désigné ces nouvelles lignes respectivement par s et t. La première est de la même intensité que β_{11}, la seconde est plus faible. Leurs longueurs d'onde en unité X sont données pour 7 éléments dans le tableau suivant :

	Ta.	W.	Os.	Ir.	Pt.	Au.	U.
s . . .	1608,6	1561,0	(α_1W)	1429,5	Kβ_1Cu	1348,1	961,7
t . . .	1671,7	1621,6	(Kα_3Cu)	1490,0	1449,0	1410,0	—

Ces mesures confirment le fait qu'il n'existe pas de ligne L_2, ne formant un doublet de Sommerfeld, tandis qu'au contraire certaines lignes L_1 peuvent exister seules. Sur 18 combinaisons ML possibles, nous trouvons en définitive 8 lignes normales, 2 lignes prévues et inconnues, 8 lignes exclues dont 5 observées. La signification du principe de sélection prend ainsi un caractère de probabilité, les nouvelles lignes étant au moins mille fois plus faibles que la ligne α_1.

II. Nous avons en outre étudié la majeure partie des lignes L du tantale pour lesquelles on ne connaissait que 15 lignes : nous en avons identifié 25 :

γ_3.	γ_7.	γ_2.	γ_6.	γ_{10}.	γ_1.	γ_5.	β_8.
1097,0	1102,4	1110,7	1117,6	1129,0	1135,5	1170,0	1243,0
$\beta_9\beta_5$.	β_1'.	β_2''.	β_2.	β_3.	β_1.	β_6.	β_4.
1251,8	1261,3	1275,0	1280,3	1303,0	1323,1	1328,0	1342,3
β_{11}.	η.	α_3.	α_1.	α_2.	s.	t.	l.
1383,2	1467,2	1513,7	1517,7	1528,9	1608,6	1671,7	1723,5

les lignes γ_{11} et β_7 qui sont très faibles se confondent respectivement avec γ_6 et β_7'.

Nous avons enfin eu l'occasion de mesurer les raies K du ruthénium :

α_2.	α_1.	β.	γ.
645,4	641,0	570,5	559,3

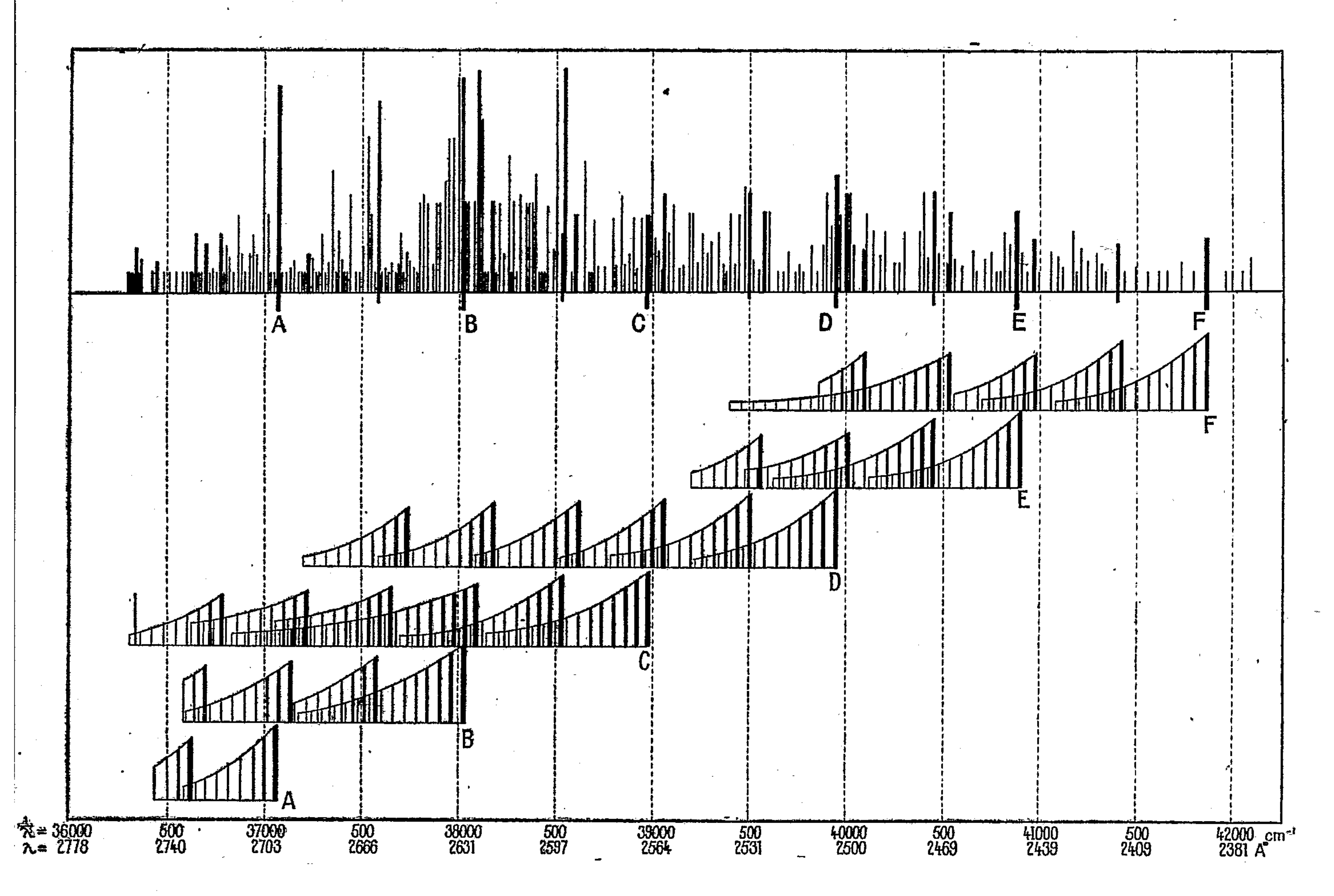
Ces mesures complètent nos connaissances spectrographiques dans la série des éléments Zn — Cd.

SPECTROSCOPIE. — *Spectre d'absorption ultraviolet de la vapeur de chlorure de benzène. Détermination de la structure de la molécule.* Note de M. **Victor Henri**, présentée par M. G. Urbain.

Le spectre d'absorption ultraviolet de la vapeur de chlorure de benzène a été étudié par Grebe, Purvis et R. Witte; ce dernier a mesuré 180 bandes entre 2765 et 2416 Å. En perfectionnant la technique, nous avons mesuré avec M. E. Walther plus de 750 bandes entre 2755 et 2262. Le plus grand

nombre de bandes s'observe sous l'épaisseur de 100^{cm} à la pression de 3^{mm}. L'intensité des bandes a été mesurée par l'inverse de la pression minimum à laquelle elles apparaissent.

Le spectre se compose de huit groupes de bandes; chaque groupe se décompose en plusieurs séries de premier ordre, chacune d'elles en séries de second ordre; enfin les différentes bandes présentent une structure fine.



L'aspect général du spectre est assez enchevêtré, ainsi que le montre la figure approchée du spectre, sur laquelle nous avons indiqué sa décomposition en groupes et en séries.

La quantification des différents mouvements des électrons, des atomes et de la molécule conduit en première approximation à la formule de distribu-

tion des bandes

$$\frac{1}{\lambda} = A + na - pb - qc - \ldots - \frac{h}{8\pi^2.3.10^{10}\mathfrak{J}}(1 \pm 2m),$$

où n, p, q, m sont des nombres entiers; A dépend des électrons; a, b, c, ... correspondent aux fréquences de vibration des atomes ou groupes d'atomes, et $\mathfrak{J}$ est le moment d'inertie de la molécule par rapport à un axe de rotation.

Pour le benzène le spectre s'exprime avec deux fréquences atomiques $a = 921{,}4$, $b = 159$, et une seule valeur de $\mathfrak{J}$.

Pour le toluène il faut trois constantes $a = 932{,}5$, $b = 263{,}6$, $c = 180$ et une seule valeur de $\mathfrak{J}$.

Pour le chlorure de benzène le spectre s'exprime complètement avec les constantes $A = 37066{,}7$; $a = 963{,}7$; $b = 443$; $c = 60$ et deux valeurs de $\mathfrak{J}$; le terme $\frac{h}{8\pi^2.3.10^{10}\mathfrak{J}}$ est égal soit à 2,05 comme pour le benzène, soit pour d'autres bandes à 3,1.

En posant $p = q = 0$ et $n = 0, 1, 2, \ldots, 7$, on obtient les têtes des groupes A, B, C, D, E, F, G, H, dont les positions sont indiquées dans le Tableau suivant :

	Groupes.	λ.	$\frac{1}{\lambda}$ calculés.	$\frac{1}{\lambda}$ observés.	Intensités.
$n = 0$	A	2697,84	37066,7	37066,7	100
1	B	2629,60	38030,4	38029,5	80
2	C	2564,50	38994,1	38994,0	25
3	D	2502,65	39957,8	39957,5	12
4	E	2443,66	40921,5	40922,2	5
5	F	2387,40	41885,2	41886,0	5
6	G	2353,57	42488,9	42489,0	1,3
7	H	2282,60	43812,6	43809,7	1,1

Les têtes des séries de premier ordre s'obtiennent en posant $q = 0$ et $p = 0, 1, 2, 3, \ldots$; nous donnons à titre d'exemples les valeurs pour les quatre premiers groupes.

	A		B		C		D	
	calc.	obs.	calc.	obs.	calc.	obs.	calc.	obs.
$p = 0$.....	37066,7	37066,7	38030,4	38029,5	38994,1	38994,0	39957,8	39957,5
1.....	36623,7	36625,0	37587,4	37588,3	38551,1	38551,7	39514,8	39509,8
2.....	"	"	37143,4	37148,8	38108,1	38108,3	39071,8	39068,6
3.....	"	"	36700,4	36699,3	37665,1	37662,7	38628,8	38627,0
4.....	"	"	"	"	37222,1	37222,2	38185,8	38186,4
5.....	"	"	"	"	36779,1	36781,8	37742,8	37746,8
6.....	"	"	"	"	36336,1	36337,2	"	"

Enfin les séries de second ordre correspondent aux différentes valeurs de q; le nombre de termes atteint dans certains cas 23, comme on le voit par l'exemple suivant correspondant au groupe B, $n = 1, p = 0$.

	Calc.	Obs.		Calc.	Obs.		Calc.	Obs.
$q = 0$...	38030,4	38029,5	$q = 8$...	37550,4	37550,5	$q = 16$...	37070,4	37070,0
1...	37970,4	37968,0	9...	37490,4	37489,0	17...	37010,4	"
2...	37910,4	37909,2	10...	37430,4	37433,6	18...	36950,4	36947,7
3...	37850,4	37852,1	11...	37370,4	"	19...	36890,4	"
4...	37790,4	37793,8	12...	37310,4	37311,8	20...	36830,4	"
5...	37730,4	37732,3	13...	37250,4	37252,0	21...	36770,4	36771,9
6...	37670,4	37673,0	14...	37190,4	37189,9	22...	36710,4	36710,3
7...	37610,4	37613,8	15...	37130,4	"			

L'existence de deux modes de séparation fine des différentes bandes conduit à admettre que la molécule de chlorure de benzène possède deux moments d'inertie différents par rapport à deux axes de rotation. La molécule est donc asymétrique. L'un des moments d'inertie est le même que pour le benzène, c'est probablement celui qui correspond à la rotation autour de l'axe qui passe par le moment CCl et le sommet opposé CH; l'autre moment est plus petit, il correspond à la rotation autour d'un axe perpendiculaire. On est ainsi conduit à un modèle spécial de la molécule qui serait un octaèdre aplati : le groupe CCl ayant son centre de gravité distant environ de 0,4 Å du plan médian qui passe par les quatre groupes CH; le sommet opposé CH se trouvant à une distance de 0,8 Å du même plan.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur le rayonnement γ du radium D et du radium E.* Note de Mlle **I. Curie** et M. **G. Fournier**, présentée par M. G. Urbain.

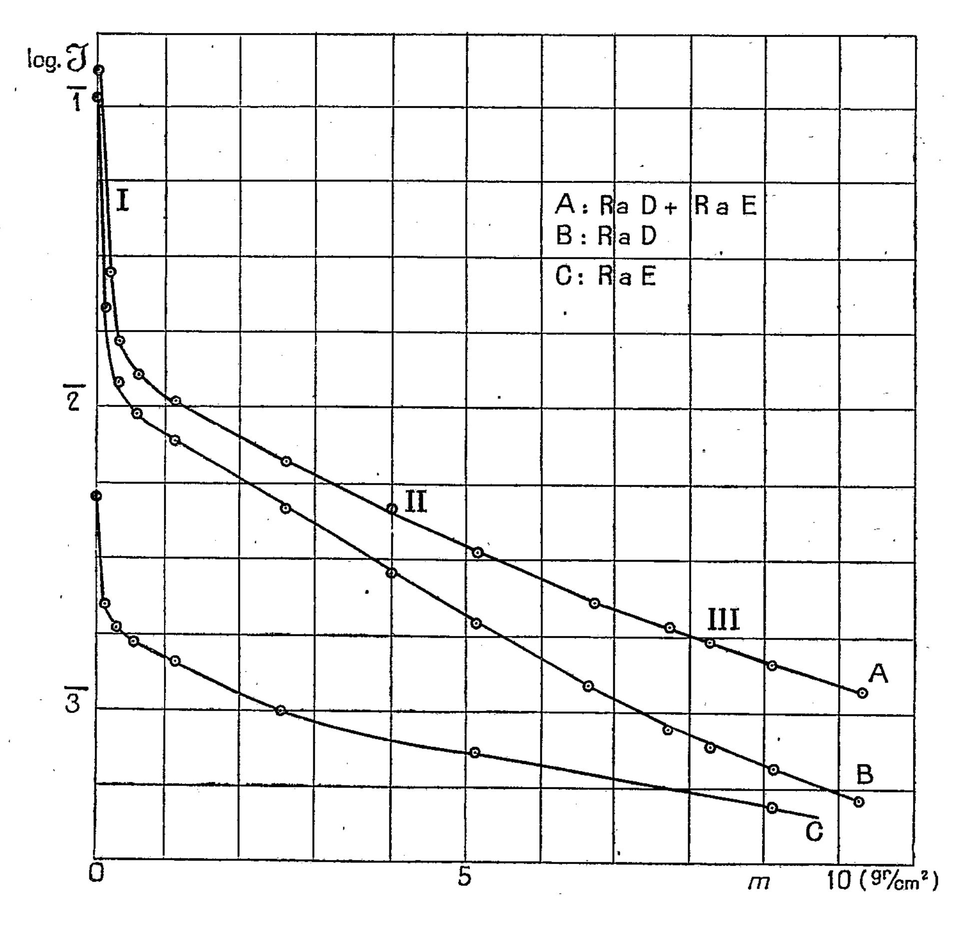
La source utilisée est une forte préparation de radium D mélangé à quelques milligrammes de plomb. Les rayonnements sont étudiés et caractérisés par leur absorption dans l'aluminium.

Dispositif expérimental. — L'appareil de mesures est un cylindre vertical dont la moitié supérieure contient un électroscope à feuille d'or, et dont la moitié inférieure constitue une chambre d'ionisation fermée par une feuille mince d'aluminium de $5^{cm},5$ de diamètre. Cet appareil est placé à quelques centimètres au-dessus des pièces polaires d'un électro-aimant donnant un champ suffisant pour éliminer complètement les rayons β. La source active est placée dans un creuset de quartz entre les pièces polaires, à 12^{cm} de l'élec-

troscope. Les écrans absorbants sont placés très près de la feuille qui ferme l'électroscope.

Mesures et résultats. — Les courbes d'absorption ont été tracées en portant en abscisse la masse par centimètre carré des écrans d'aluminium interposés et en ordonnée le logarithme de l'intensité. Dans ces conditions un rayonnement homogène sera représenté par une ligne droite.

Il a d'abord été tracé une courbe d'absorption relative au mélange radium D, radium E et polonium. C'est la courbe A de la figure.



Elle indique l'existence de trois rayonnements homogènes I, II, III correspondant aux trois régions ainsi désignées sur la courbe.

L'analyse de cette courbe montre que l'intensité peut être mise sous la forme

$$I = I_1 e^{-\varpi_1 m} + I_2 e^{-\varpi_2 m} + I_3 e^{-\varpi_3 m},$$

où m représente la masse par centimètre carré des écrans interposés, I_1, I_2, I_3 les intensités initiales des trois rayonnements et ϖ_1, ϖ_2, ϖ_3 leurs coefficients massiques d'absorption $\left(\text{souvent désignés par } \frac{\mu}{\rho}\right)$.

Il faut noter que le rayonnement γ du polonium, dont le coefficient massique d'absorption a été trouvé égal à 230 (nombre indiqué par Chadwick et retrouvé par Mme Curie dans un récent travail), est beaucoup trop absorbable pour intervenir dans les courbes dont nous nous occupons.

Après avoir obtenu la courbe générale A on a procédé à des opérations chimiques en vue de séparer le radium D et le radium E. Le mélange était dissous dans l'acide nitrique à chaud et le radium D cristallisait dans l'acide refroidi après concentration, le nitrate de plomb étant insoluble dans l'acide nitrique concentré à froid. Il faut noter que le radium E séparé de cette manière est encore mélangé à un peu de plomb et de radium D. Le polonium a été séparé ultérieurement par dépôt sur une lame d'argent.

Les courbes d'absorption correspondant aux deux portions radium D et radium E ont été tracées le plus tôt possible après la séparation (ce sont respectivement les courbes B et C de la figure). Les changements apportés dans ces courbes par la destruction du radium D dans une des portions de séparation, par sa reformation dans l'autre, ont été étudiés, en même temps que l'on suivait l'évolution de la quantité de radium E par la mesure de ses rayons β à l'aide d'une installation électrométrique à quartz piézo-électrique. L'étude de ces courbes indique que le rayonnement pénétrant III, qui est très avantagé dans la courbe C, provient sans doute du radium E. Une certaine proportion de rayonnement moins pénétrant peut être interprétée comme provenant également du radium E, soit directement, soit par effet secondaire sur le plomb.

Les résultats sont résumés dans le Tableau suivant :

Rayonnement	I.	II.	III.
Provenance	Ra D.	Ra D.	Ra E.
Intensité relative dans les conditions de l'expérience, Ra D et Ra E étant en équilibre radioactif (en pour 100)	89	9	2
Coefficient massique d'absorption dans l'aluminium, ϖ ou $\frac{\mu}{\rho}$	16,6	0,37	0,092
Masse d'aluminium par cm² nécessaire pour réduire le rayonnement de moitié (en grammes)	0,040	1,881	7,526

Ces résultats sont en bon accord avec un travail de Rutherford et Richardson [1] qui donnent les coefficients massiques 16,5 et 0,36 respec-

(1) Rutherford et Richardson, *Philosophical Magazine*, vol. 26, 1913, p. 324.

tivement pour les rayonnements I et II. En outre, nous avons établi l'existence du rayonnement pénétrant III attribuable au radium E, et nous avons déterminé son coefficient d'absorption.

MAGNÉTISME. — *L'évolution de la molécule d'hydroxyde de chrome au sein de l'eau.* Note de Mlle **Suzanne Veil**, présentée par M. Georges Urbain.

Le présent travail a eu pour but d'observer l'évolution magnétique de la molécule d'hydroxyde de chrome au sein de l'eau, de la façon dont on avait précédemment étudié celle de la molécule d'hydroxyde ferrique.

Lorsqu'on précipite par la soude un sel de chrome, sulfate ou nitrate, on obtient un hydroxyde dont le coefficient d'aimantation, rapporté au chrome, est environ trois plus élevé que celui de l'oxyde qui en dérive par calcination. Du point de vue magnétique, dans des conditions expérimentales analogues, cet hydroxyde et cet oxyde se montrent sensiblement constants, que la solution initiale soit violette ou verte. Dans les mesures, toutes relatives, qui ont été faites, le coefficient d'aimantation de cet oxyde a été choisi pour unité.

Supposons qu'on laisse séjourner une douzaine d'heures l'hydroxyde de chrome en suspension dans l'eau chaude. L'hydroxyde résultant est déshydraté en partie et il est moins magnétique que l'hydroxyde primitif. L'oxyde calciné est moins magnétique que l'oxyde obtenu primitivement, et également moins magnétique (à poids de chrome égal) que l'hydroxyde auquel il correspond.

Si l'on redissout dans un acide (celui du sel dont on est parti, SO^4H^2 ou NO^3H), l'hydroxyde traité à l'eau chaude et qu'on recommence avec le sel obtenu les opérations précédentes, on constate en général une nouvelle diminution des coefficients d'aimantation. La matière paraît se souvenir, dans une certaine mesure, de ses états antérieurs, phénomène que l'on avait déjà observé dans le cas de l'hydroxyde ferrique.

Ci-après des résultats d'expériences effectuées à diverses températures :

---

(1) S. Veil, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 101.

VALEURS DES COEFFICIENTS D'AIMANTATION, RAPPORTÉS A CELUI DE L'OXYDE CALCINÉ PRIMITIF, PRIS POUR UNITÉ.

	A 120°.		A 150°.		A 180°.		A 210°.	
	Hyd.	Ox.	Hyd.	Ox.	Hyd.	Ox.	Hyd.	Ox.
			Sulfate violet.					
1er précipité....	2,69	0,98	2,41	0,78	1,49	0,71	1,17	0,47
2e »	1,68	0,55	1,51	0,49	1,53	0,60	1,04	0,35
3e »	1,25	0,49	0,96	0,34	1,16	0,44	1,01	0,38
			Nitrate violet.					
1er précipité....	2,60	0,97	1,22	0,50	1,50	0,54	0,84	0,45
2e »	1,92	0,73	1,19	0,46	1,25	0,46	0,89	0,37
3e »	1,20	0,59	0,96	0,38	0,92	0,26	0,83	0,37

La molécule d'hydroxyde de chrome ne reste donc pas identique à elle-même en milieu aqueux. Les variations magnétiques, de sens inverse à ce qu'elles sont pour l'hydroxyde ferrique, sont, en outre, beaucoup moins accentuées.

Il est intéressant de rapprocher ces résultats de ceux qu'on obtient avec les substances cristallisées, où les propriétés magnétiques ont été trouvées rigoureusement constantes par un très grand nombre d'observateurs. Les présentes expériences signaleraient une indétermination de l'état moléculaire dans les substances colloïdales examinées, état que des agents relativement peu énergiques parviennent à perturber de façon notable.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le pouvoir thermo-électrique des alliages.* Note de **M. H. Pélabon**, présentée par M. A. Haller.

Le pouvoir thermo-électrique des alliages varie considérablement avec leur composition. Il est possible d'étudier ces variations dans de larges limites de température en utilisant le dispositif que j'ai décrit à propos de la détermination du pouvoir thermo-électrique des métaux purs, solides ou liquides (1).

Nous avons encore pris comme terme de comparaison le platine. Le pouvoir thermo-électrique est précédé du signe + quand le courant va de

(1) *Ann. de Phys.*, 9e série, t. 13, 1920.

l'alliage vers le platine à travers la soudure chaude, il est au contraire précédé du signe — si le courant va du platine vers l'alliage à travers la soudure chaude.

Pour les alliages des métaux qui ne forment pas de combinaisons définies et dont la ligne de fusibilité comporte un eutectique net, le pouvoir thermo-électrique T reste généralement compris entre les valeurs T(A) et T(B) qui correspondent aux métaux purs A et B. Cependant le pouvoir thermo-électrique de l'alliage ne peut jamais se calculer par la règle des mélanges; il est le plus souvent inférieur au nombre que l'on calculerait de cette façon. Voici les nombres obtenus avec les alliages plomb-antimoine. Température : 100°.

	T (observé) en volts.	T (calculé) en volts.
Plomb pur	-514.10^{-8}	
Alliage : 8Pb.2Sb	-927	-1494.10^{-8}
» 6Pb.4Sb	-1143	-2473
» 4Pb.6Sb	-1397	-3552
» 2Pb.8Sb	-2792	-4432
Antimoine pur	-5412	

A l'état liquide, les alliages des mêmes métaux ont un pouvoir thermo-électrique qui varie dans de moins larges limites. A 720° tandis que pour le plomb liquide T a pour valeur —0,000013 volt, pour l'antimoine liquide il vaut — 0,000021 volt.

Quand la proportion d'antimoine croît dans le mélange, T croît d'abord lentement, puis plus rapidement. Pour l'alliage 8Sb.2Pb, T n'a encore que la valeur — 0,000017 volt.

Les alliages étain-bismuth sont assez curieux. Leur pouvoir thermo-électrique croît d'abord en valeur absolue avec la proportion de bismuth bien que ce métal ait un pouvoir thermo-électrique de signe contraire à celui de l'étain. T présente un minimum pour l'alliage 4BiSn puis croît rapidement si la teneur en bismuth augmente.

Voici les nombres trouvés à 150° :

	T (observé) en volts.	T (calculé) en volts.
Étain pur	-517.10^{-8}	
Alliage 8Sn.2Bi	-1332	$+634.10^{-8}$
» 6Sn.4Bi	-2175	$+1785$
» 4Sn.6Bi	-3087	$+2937$
» 2Sn.8Bi	-3907	$+4088$
» Sn.9Bi	$+604$	$+4664$
» 2Sn.98Bi	$+3714$	$+5135$
Bismuth pur	$+5240$	

Avec les alliages liquides, le pouvoir thermo-électrique est toujours négatif. A 450°, par exemple, il reste compris entre — 0,000013 volt pour l'étain et — 0,000015 volt pour le bismuth.

D'après cela, on voit que l'existence d'un minimum du pouvoir thermo-électrique d'un alliage n'implique pas l'existence d'un composé défini.

En général les alliages dont la ligne de fusibilité présente un eutectique se comportent comme le système plomb-antimoine. Tels sont les alliages : zinc-bismuth; cadmium-bismuth; argent-bismuth, etc.

Les mixtes qui donnent les solutions solides comme le système bismuth-antimoine ont un pouvoir thermo-électrique compris entre les valeurs de T relatives aux métaux purs. Nous avons examiné aussi le cas des métaux susceptibles de former des composés définis; chaque fois, pour les alliages solides, un maximum de T a été observé, mais il ne correspondait pas toujours au composé.

Pour l'alliage antimoine-cuivre, un maximum de T correspond au maximum du point de solidification qui signale l'existence du composé $SbCu^3$. Mais pour le système antimoine-zinc, tandis que le maximum de T est très net pour l'alliage 6Sb.4Zn, les courbes de fusibilité indiquent l'existence du composé Sb^2Zn^3. L'argent et l'antimoine forment le composé défini Ag^3Sb et le pouvoir thermo-électrique maximum correspond au mélange 2Ag.3Sb. L'étain et l'antimoine qui forment certainement deux composés ne donnent aucun maximum pour T. Le composé Sn^3Al^2 est en revanche signalé à la fois par un maximum de T et par la ligne de fusibilité.

On voit par tous ces résultats que les variations du pouvoir thermo-électrique d'un alliage pour une température donnée en fonction de sa composition, ne peuvent donner aucune indication précise sur l'existence ou non de composés définis dans cet alliage solide. L'étude des mêmes alliages fondus n'est guère intéressante; dans tous les cas le pouvoir thermo-électrique varie très peu, il reste compris entre les valeurs de T relatives aux deux métaux.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Stabilité des mélanges alcool-essence en présence de l'eau.* Note de MM. **M. Aubert** et **G. Dixmier**, présentée par M. Haller.

L'homogénéité des mélanges d'alcool absolu et d'essence de pétrole, actuellement adoptés comme *carburant national,* peut être détruite par des additions d'eau. De telles additions peuvent se produire accidentellement, en particulier dans le cas de dessiccation imparfaite des réservoirs et bidons

après nettoyage. L'étude résumée ici a été entreprise en vue d'estimer les dangers d'instabilité qui peuvent en résulter.

Les expériences ont porté sur des mélanges d'alcool et d'essence fournis par le Comité du Carburant national.

L'essence de pétrole, utilisée pour ces mélanges, a été analysée par la méthode des températures critiques de dissolution dans l'aniline (Simon et Chavannes). Sa composition est la suivante : aliphatiques, 55,33; cycliques saturés, 37,5; aromatiques, 3,57; éthyléniques, 1,8. Sa densité à 15° est de 0,720. Sa distillation sous la pression atmosphérique commence à 60°, la moitié distille avant 95° et les 19 premiers vingtièmes avant 150°.

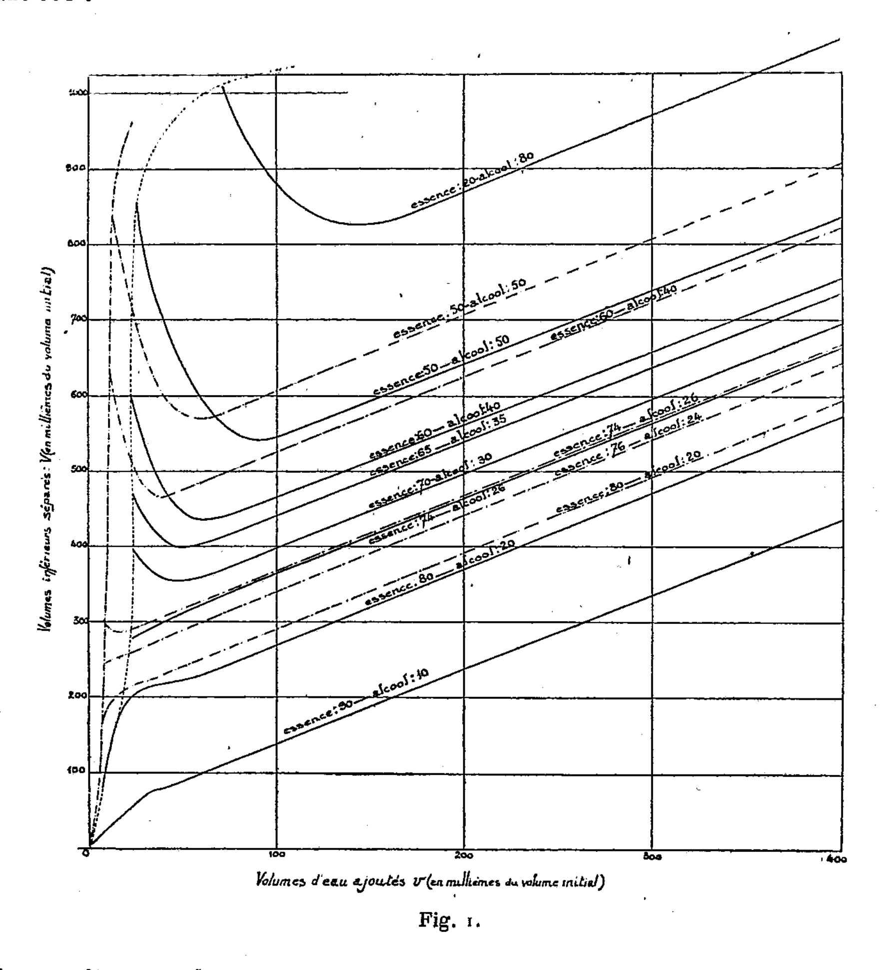


Fig. 1.

Lorsqu'à un mélange d'essence et d'alcool on ajoute des quantités croissantes d'eau, le mélange reste d'abord homogène; mais dès que la proportion d'eau dépasse une certaine valeur limite, l'équilibre se rompt et l'on

constate la séparation brusque de deux couches dont les volumes sont l'un et l'autre finis. La proportion d'eau nécessaire pour rompre l'équilibre varie avec la composition du mélange initial et avec la température.

Au moment de la séparation, pour les mélanges contenant moins de 26 pour 100 d'alcool et à température ordinaire (15°), la couche inférieure, de plus faible volume, est riche en alcool et en eau et faible en essence. La couche supérieure est riche en essence et contient très peu d'eau. Si l'on ajoute progressivement de l'eau, le volume de la couche inférieure croît, la couche supérieure diminue, en lui cédant peu à peu son alcool. Au bout d'un certain temps, la couche supérieure, pratiquement constituée de toute l'essence initiale, garde un volume invariable.

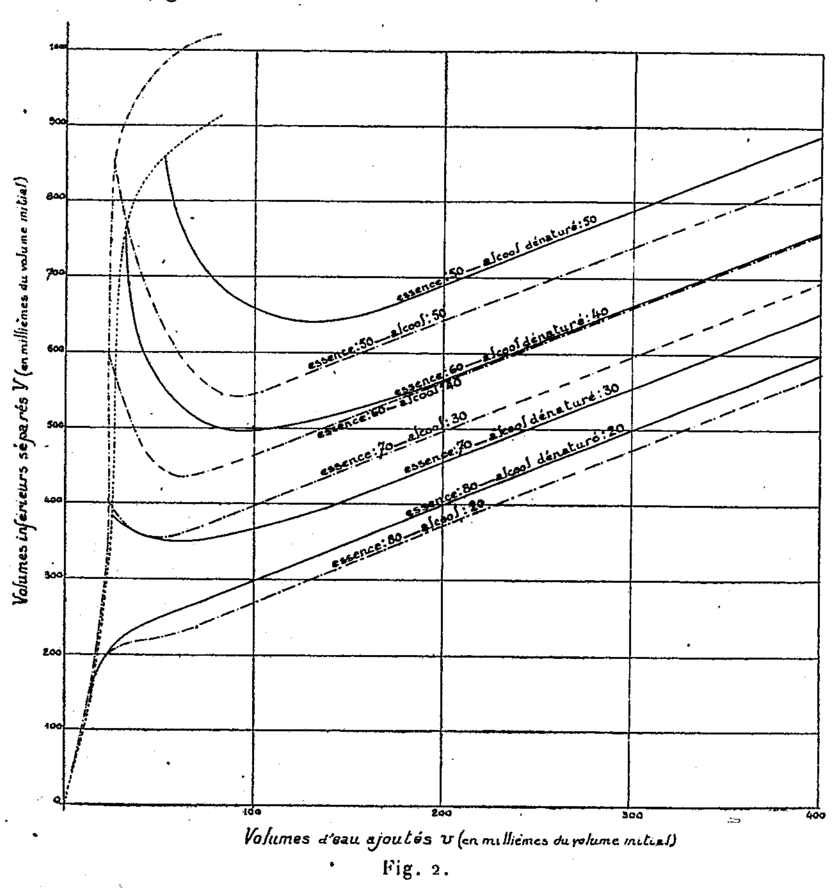


Fig. 2.

Pour les mélanges contenant plus de 26 pour 100 d'alcool, l'allure du phénomène est différente. La couche inférieure contient de l'alcool légèrement hydraté et de l'essence. Quand on continue les additions d'eau, le volume d'essence dont s'enrichit la couche supérieure est plus grand que le

volume d'eau et d'alcool qui passe dans la couche inférieure; le volume V de cette dernière commence donc par décroître, passe par un minimum, puis croît; et, à partir d'une certaine valeur de l'addition totale v d'eau, le volume de la couche supérieure reste sensiblement constant, et les augmentations de volume ΔV et Δv deviennent égales entre elles.

Les résultats obtenus à 15° C. (traits pleins) et à 0° C. (pointillé) sont résumés dans les courbes de la figure 1.

Chacune d'elles est relative à un mélange initial d'essence et d'alcool, de composition déterminée; elles ont été construites en portant en abscisse le volume d'eau ajouté v, et en ordonnée le volume V de la couche inférieure; v et V sont exprimés en millièmes du volume de mélange initial, l'échelle géométrique de représentation de v est 2 fois et demie plus grande que celle de V.

A une température donnée, les points de départ des diverses courbes se placent sur une ligne L qui est la courbe limite des équilibres essence-alcool-eau. Elle divise le plan en deux régions : les mélanges homogènes ne peuvent exister que dans la région voisine de l'axe OV. A mesure que la température s'abaisse, la région d'homogénéité diminue.

Comme l'alcool qui sera employé pour le carburant national devra être obligatoirement dénaturé, nous avons repris, à 15°, les expériences précédentes sur des mélanges analogues où l'alcool absolu pur était remplacé par de l'alcool absolu dénaturé à 5 pour 100 de méthylène. Les résultats sont indiqués dans les courbes de la figure 2 où l'on a reproduit également (en pointillé) aux fins de comparaison les courbes du Tableau I relatives aux mêmes pourcentages initiaux d'essence.

Avec l'alcool dénaturé, les minima sont moins accentués et l'alcool méthylique augmente la stabilité des mélanges.

Des études sont poursuivies pour étudier méthodiquement les compositions des couches séparées par les additions d'eau; elles portent d'abord sur des carbures purs employés au lieu d'essence complexe.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la faculté de trempe de l'acier extra-doux à très haute température.* Note (1) de MM. **M. Sauvageot** et **H. Delmas**, transmise par M. H. Le Chatelier.

Dans une Note précédente, nous avons montré qu'il était possible d'obtenir une résistance à la traction de 85^{kg} à 90^{kg} et une dureté Brinell

(1) Séance du 26 mars 1923.

d'environ 300, en trempant au delà de 1450°, c'est-à-dire très près du point de fusion un acier extra-doux ($C = 0,09$, $Mn = 0,33$), qui, dans les conditions de trempe normale (vers 950°), ne possède qu'une résistance de 50^{kg} à 55^{kg}.

On pourrait penser *a priori* que l'accroissement rapide de dureté, qui se produit quand la température de trempe atteint et dépasse 1450°, est lié au franchissement d'un nouveau point critique : le phénomène serait analogue à celui qui a lieu lorsqu'on franchit le point Ac_3 où l'on constate déjà un premier accroissement brusque de dureté.

De fait, l'existence d'un point critique A_4 correspondant à la transformation du fer γ en fer δ a été observée dans le fer et les aciers extra-doux par divers auteurs (Osmond, Curie, Gontermann, Weiss et Foex, Ruer, Ishiwari, etc.). Ce point, qui a d'ailleurs été encore très peu étudié, se trouverait vers 1400° pour le fer pur et s'élèverait rapidement avec la teneur en carbone, il atteindrait : 1478° pour 0,07 pour 100 C d'après Ruer et Klesper (1).

Toutefois, nous n'avons rien observé dans nos expériences qui puisse nous faire croire que le durcissement obtenu par trempe à très haute température soit dû à un changement d'état du fer γ se produisant à une température bien définie, changement plus ou moins conservé au cours du refroidissement brusque. D'une part, le durcissement se produit progressivement (bien qu'à une allure assez rapide) au-dessus de 1400°; d'autre part, la structure obtenue présente tous les caractères de la martensite normale et les modifications apportées par le revenu paraissent de même nature que celles qui ont lieu dans le cas des aciers trempés plus carburés.

On doit plutôt, à notre avis, voir dans les phénomènes observés une extension aux aciers extra-doux des lois générales de la trempe des aciers telles qu'elles ont été établies par MM. Chevenard, Dejean, Portevin et Garvin. Dans les conditions de vitesse de refroidissement de nos expériences (éprouvettes de $D = 8^{mm},9$; trempe dans l'eau à 15°), la température critique de trempe qui, pour les aciers plus carburés ($C \geqq 0,3$ pour 100), coïncide avec le point Ac_3 ou lui est très peu supérieure, s'élève dans le cas des aciers extra-doux jusqu'au voisinage du point de fusion : cette température critique correspond au rejet total à basse température du point critique au refroidissement et à la formation d'une structure complètement martensitique, sans troostite ou sorbite.

Pour confirmer cette interprétation, il y avait lieu de voir comment se

(1) *Ferrum*, 8 juin 1914.

déplaçait la température critique de trempe dans le cas d'aciers un peu plus carburés.

A cet effet, nous avons étudié la dureté et examiné la structure après trempe à l'eau à températures croissantes de petits cylindres de $D = 24^{mm}$, $H = 15^{mm}$ des deux aciers suivants :

A	C Eggertz = 0,135	Si = 0,029	S = 0,021	P = 0,042	Mn = 0,46	Cu = 0,12
B	C » = 0,20	Si = 0,012	S = 0,022	P = 0,023	Mn = 0,73	Cu = 0,09

Voici les résultats obtenus :

Température de trempe (eau à 15°).	Dureté Δ.	Structure.
		Acier A.
950°	218	Ferrite et troostite.
1025	»	»
1100	232	Ferrite et troostite.
1200	232	Id.
1300	330	Martensite.
1400	345	Id.
1430	345	Martensite avec grands polyèdres.
		Acier B.
950°	264	Ferrite, troostite et martensite.
1025	415	Martensite.
1100	410	Id.
1200	415	Id.
1300	415	Id.
1400	400	Martensite avec grands polyèdres.
1430	395	Id.

Pour l'acier A, la température critique de trempe est voisine de 1300°, tandis qu'elle est voisine de 1000° dans le cas de l'acier B : elle diminue donc très vite pour se rapprocher de Ac_3 quand la teneur en carbone augmente (la teneur en manganèse particulièrement élevée pour l'acier B joue aussi un rôle important à ce point de vue).

Rappelons que Ball [1] a signalé, il y a longtemps, qu'on obtenait un maximum de résistance par trempe à l'eau à 1300° dans le cas d'un acier à 0,13 pour 100 de carbone et à 1000° pour un acier à 0,2 pour 100 de carbone. Il en concluait l'existence d'un point critique à ces températures.

En réalité il ne s'agit pas d'un point de transformation mais seulement de la température critique de trempe. Nous n'avons d'ailleurs pas retrouvé la baisse de dureté notable indiquée par Ball dans le cas des trempes au-dessus

(1) *Journal of the Iron and Steel Institute*, vol. 1, 1890.

de la température critique : peut-être a-t-il eu déjà, avec les barres minces qu'il employait ($D = 5^{mm}$) des effets d'hypertrempe ou bien ne s'est-il pas garanti suffisamment contre l'oxydation et la décarburation superficielles, d'autant plus importantes que la température est plus élevée.

Pour compléter nos expériences, nous avons cherché à voir ce que devenait la faculté de durcissement à haute température pour des aciers à teneurs en carbone très faibles.

Des éprouvettes (¹) de fer Armco ($C = 0,064$, $Mn = 0,065$) ont donné :

Après trempe à l'eau à 950° :

$$E = 35,2, \quad R = 44,5, \quad A = 23 \text{ p. rep.}, \quad \Sigma = 69,7, \quad \Delta = 156.$$

Après trempe à l'eau à 1450° :

$$E = 42,5, \quad R = 54, \quad A = 15, \quad \Sigma = 40, \quad \Delta = 185.$$

Le gain de résistance n'est pour cet acier que de 10^{kg}, lorsque la température de trempe passe de 950° à 1450°; par trempe après début de fusion, on n'a d'ailleurs pas obtenu une dureté supérieure à 185.

Enfin un échantillon de fer à 0,05 pour 100 de carbone et 0,08 pour 100 de manganèse ayant à l'état recuit une dureté de 103 n'a présenté qu'une dureté de 108 après trempe à la fusion commençante : l'effet de la trempe est dans ce cas tout à fait insignifiant.

En résumé, à mesure que la teneur en carbone des aciers diminue et qu'on se rapproche du fer pur, la température critique de trempe s'élève très vite et atteint le point de fusion pour une teneur en carbone un peu inférieure à 0,09 pour 100 (avec $Mn = 0,33$ pour 100); en même temps, la martensite obtenue a une dureté de plus en plus faible. De ces deux phénomènes concomitants résulte l'impossibilité souvent constatée de durcir le fer pur par trempe, même à très haute température.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Points eutectiques dans les solutions salines.* Note (²) de M. **Paul Mondain Monval**, transmise par M. H. Le Chatelier.

Dans ses travaux relatifs à la loi de dissolution, M. Le Chatelier (³) a montré qu'à tout changement dans la nature du corps cristallisé en équilibre

(¹) Éprouvettes de D — 8,9 tournées à $6^{mm},9$ après traitement, comme dans la première série d'expériences.

(²) Séance du 3 avril 1923.

(³) Le Chatelier, *Comptes rendus*, t. 130, 1900, p. 1606.

avec le liquide correspond un changement brusque dans la direction de la courbe de solubilité, c'est-à-dire un point auguleux.

Parmi ces points anguleux, les uns correspondent à un changement allotropique ou à un changement d'hydratation du corps considéré, les autres au changement réciproque des deux corps de la dissolution. Ce sont les points *eutectiques*, leur température est la plus basse à laquelle la dissolution puisse exister.

S'appuyant de considérations thermodynamiques rigoureuses, M. Le Chatelier a pu mettre en évidence la loi suivante :

Au point eutectique, les tangentes trigonométriques des deux courbes sont dans le rapport des chaleurs latentes de dissolution de poids des deux corps égaux à ceux qui se trouvent dans la solution saturée.

Loi que l'on peut représenter par la relation

$$\frac{ds}{dt} : \frac{ds'}{dt} = \frac{Ls}{L's'}, \qquad (1)$$

dans laquelle L représente la chaleur de dissolution « limite » du sel à la température eutectique et s sa concentration moléculaire dans la solution saturée à cette même température. s' est une quantité analogue mais relative à l'eau et L′ représente la chaleur de dissolution de la glace dans la solution saturée au point eutectique. $\frac{ds}{dt}$ et $\frac{ds'}{dt}$ sont les coefficients angulaires des tangentes aux deux courbes relatives respectivement au sel et à la glace, courbes qni se coupent au point eutectique.

Il était intéressant de voir dans quelles limites l'expérience vérifie cette relation, rigoureusement exacte d'ailleurs. J'utiliserai pour cette vérification les déterminations de la valeur de L à diverses températures au-dessus et au-dessous de 0° pour les sels suivants : azotate, chlorure et sulfate de potassium, azotate de sodium, azotate et chlorure d'ammonium, données dans une Note précédente ([1]). J'ai pu constater que pour ces sels, la chaleur « limite » de dissolution en solution concentrée variait beaucoup moins avec la température que la chaleur de dissolution en liqueur étendue. Par extrapolation des résultats j'ai pu obtenir avec une précision satisfaisante la valeur de L à la température eutectique.

La quantité L′ relative à la dissolution de la glace dans la solution saturée à la température eutectique se décompose en deux parties :

([1]) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 889.

1° Chaleur de fusion de la glace à la température eutectique soit F, pour 1 molécule d'eau;

2° Chaleur d'addition de cette molécule d'eau à l'état liquide à la solution saturée à la température eutectique soit ε'.

Ces deux effets thermiques sont de même signe. On a donc

$$L' = F + \varepsilon'. \tag{2}$$

La chaleur de fusion de la glace diminue très sensiblement avec la température. Étant donné que les points eutectiques des solutions étudiées ne sont inférieurs que de quelques degrés à 0°, j'ai pu calculer F au moyen des chaleurs spécifiques de l'eau et de la glace.

J'ai mesuré directement dans un vase de Dewar, à diverses températures, la chaleur d'addition ε' d'une molécule d'eau à une grande masse de solution saturée, suivant un mode opératoire que j'ai indiqué dans une récente Note [1]. On ne peut évidemment pas descendre au-dessous de 0°, aussi ai-je calculé la quantité ε' relative au point eutectique par extrapolation.

Les températures et concentrations aux points eutectiques ont été étudiées par plusieurs auteurs; en particulier Guthrie, De Coppet, Ponsot et Bruni. Les résultats donnés par ces différents expérimentateurs ne sont pas absolument concordants entre eux. D'autre part, les points eutectiques ainsi déterminés ne coïncident pas exactement avec les points d'intersection des courbes de sel et de glace établies par de très nombreux auteurs ayant étudié la solubilité des mêmes sels. Pour déterminer les coefficients angulaires des tangentes à ces deux courbes, on a tracé ces courbes avec une certaine épaisseur de trait et pris leur direction moyenne.

Les Tableaux suivants donnent les résultats relatifs aux différents sels étudiés. On a pris comme chaleur de fusion de la glace à 0° $F = 1^{Cal},43$, ce qui correspond à $79^{cal},6$ par gramme. ε' et L_1 sont fournis par extrapolation de résultats expérimentaux donnés dans une Note précédente [2] et L est calculée au moyen de la formule (1) donnée plus haut.

	AzO^3Na.	KCl.	AzO^3AzH^4.
Température eutectique	−18°,7	−10°,64	−17°,3
Gr. de sel dans 100g eau	61	24,34	79
F	−1,26	−1,335	−1,275
ε'	−0,127	−0,041	−0,16
L'	−1,387	−1,376	−1,435
L	−1,87	−3,7	−2,97
L_1	−1,86	−3,65	−3

(1) *Loc. cit.*, t. **176**, 1923, p. 889.

(2) *Comptes rendus*, t. **176**, 1923, p. 889.

	AzH^4Cl.	AzO^3K.	SO^4K^2.
Température eutectique	—16°	—2°,85	—1°,55
Gr. de sel dans 100g eau	24,2	12	7,1
F	—1,285	—1,41	—1,42
ε'	—0,040	—0,02	—0,004 (?)
L'	—1,325	—1,43	—1,42
L	—3,04	—6,5	—6,6
L_1	—3,1	—6,4	—6,8

La comparaison des résultats calculés L et mesurés L_1 montre que l'expérience vérifie la loi du rapport des tangentes avec une approximation satisfaisante, les écarts observés correspondant aux incertitudes expérimentales des mesures.

CHIMIE MINÉRALE. — *La corrosion du fer en présence du sulfure de fer.* Note [1] de M. **Robert Stumper**, transmise par M. H. Le Chatelier.

Depuis longtemps, les techniciens ont remarqué que le soufre abrège d'une façon très prononcée la durée de service des constructions en fer et en fonte. La corrosion rapide de certains éléments de construction a souvent été attribuée à la teneur élevée en soufre du fer et de la fonte, mais sans appuyer cette opinion sur aucune mesure précise.

Dans cette Note, on donnera les résultats d'une première série d'expériences ayant trait à l'*action du sulfure de fer* sur la corrosion du fer au contact d'électrolytes.

On plonge des échantillons de fer dans un volume donné d'un électrolyte, dans lequel on le laisse séjourner pendant un temps donné, et l'on détermine la perte de poids subie par l'échantillon.

Nous avons placé des échantillons d'acier Thomas de $1 \times 1 \times 5^{cm^3}$ dans de l'eau de conduite et dans une eau minérale, fortement chlorurée, de Luxembourg. Un échantillon isolé a été suspendu dans l'électrolyte; un autre a été mis en contact direct avec du sulfure de fer. Après deux jours, à une température moyenne de 17°, nous avons obtenu les résultats suivants :

	Perte de poids.	
	Acier isolé.	Acier en contact avec FeS.
1. Eau de conduite	0g,0117	0g,0229
2. Eau minérale	0g,0184	0g,0272

(1) Séance du 3 avril 1923.

Par le contact avec du FeS, la corrosion de l'acier a été augmentée dans le rapport de 100 à 195 pour la première et de 100 à 168 pour la deuxième expérience.

Dans une seconde série d'expériences, des cubes de $1 \times 1 \times 1^{cm^3}$ en fonte grise ont été placés dans une solution de NaCl à 1 pour 100, en variant comme suit les conditions des expériences : 1° cubes isolés; 2° cubes isolés, dans électrolyte renfermant un morceau de FeS; 3° cubes en contact direct avec FeS; et 4° cubes en contact galvanique avec FeS au moyen d'un fil de fer. Les résultats obtenus sont consignés dans la Table I. Les chiffres donnés sont chacun la moyenne de trois essais, faits à la température de 15°-25°.

Table I.

Corrosion de la fonte en présence de FeS.
(Electrolyte : NaCl 1 pour 100.)

	Perte de poids (en mg par cm²).	
Durée....	4 jours.	8 jours.
1. Cubes de fonte isolés	1,6	3,1
2. Cubes de fonte dans solution renfermant FeS	1,3	2,9
3. Cubes en fonte en contact direct avec FeS	3,0	4,9
4. Cubes en fonte en contact galvanique (par fil de fer) avec FeS	6,1	11,1

En prenant comme unité la perte de poids subie par le cube en fonte plongé dans la solution NaCl à 1 pour 100 renfermant en même temps du FeS, nous voyons que la corrosion a été accélérée dans la proportion de 1 à 2,3 pour le contact direct et de 1 à 4,7 pour le contact galvanique. Il résulte de ces expériences que l'action du sulfure de fer est un phénomène électrochimique.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la déshydratation du gypse.* Note de MM. **Pierre Jolibois** et **Pierre Lefebvre**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Le sulfate de calcium $SO^4Ca, 2H^2O$ perd de l'eau sous l'influence d'une élévation de température et se transforme en substances moins hydratées. De nombreux auteurs [1] ont signalé dans cette réaction l'existence de

[1] Millon, *Ann. Ch. Ph.*, 3e série, t. 19, 1847, p. 222. — Posilizin, *J. Soc. ph.-ch. russe*, 1893, p. 207, et 1895, p. 265.

deux composés $SO^4Ca, \frac{1}{2}H^2O$ et SO^4Ca mais les conditions de leur préparation propre ne sont pas précisées et les conclusions des mémoires qui se rattachent à leur formation sont souvent contradictoires malgré l'importance de ces combinaisons qui jouent dans l'industrie du plâtre un rôle essentiel. Van't Hoff et ses collaborateurs ont très longuement étudié les équilibres entre l'eau et les différents hydrates de sulfate de chaux (1). Ils ont déterminé :

1° Les zones de stabilité de chacun de ces composés en présence de solution par la mesure des températures des points de transformation.

2° La courbe de tension de vapeur des mélanges suivants :

$SO^4Ca.2H^2O$ et SO^4Ca (insoluble),
$SO^4Ca.2H^2O$ et SO^4Ca (soluble),
$SO^4Ca.2H^2O$ et $SO^4Ca\ \frac{1}{2}H^2O$.

Les résultats qu'ils ont ainsi obtenus sont relatifs à des états d'équilibre souvent longs à atteindre et qui ne peuvent donner que des renseignements incomplets sur la préparation du sulfate de chaux à différents degrés d'hydratation.

Étant donnée l'importance de ce problème, nous nous sommes proposés d'étudier systématiquement la déshydratation du gypse.

Dans ce but nous avons examiné en fonction du temps la variation de poids d'une nacelle contenant environ $0^g,5$ de gypse maintenue au moyen d'un four électrique à température constante. Le tube qui contenait la nacelle était parcouru par un courant d'air soigneusement desséché par son passage sur P^2O^5; de plus le débit de l'air était mesuré et maintenu constant grâce à un compteur de Venturi. La déshydratation a été représentée graphiquement en construisant pour chaque température une courbe obtenue en portant en ordonnée le temps et en abscisse la perte de poids (*fig.* 1). Il est à remarquer que, quelle que soit la température de déshydratation, aucun accident de la courbe ne révèle par suite d'un phénomène dynamique l'existence de l'hydrate $SO^4Ca, \frac{1}{2}H^2O$ qui passe de cette manière complètement inaperçu.

Au contraire, si, dans une étuve, sans précautions spéciales, on étudie, au moyen d'une représentation analogue, la perte de poids du sulfate de chaux contenu dans un creuset *fermé par un couvercle*, la courbe obtenue à 140° nous montre l'existence d'une limite de déshydratation très nette correspondant au semi-hydrate (*fig.* 2).

(1) Van't Hoff, *Z. für phys. Chem.*, t. 45, 1903, p. 257.

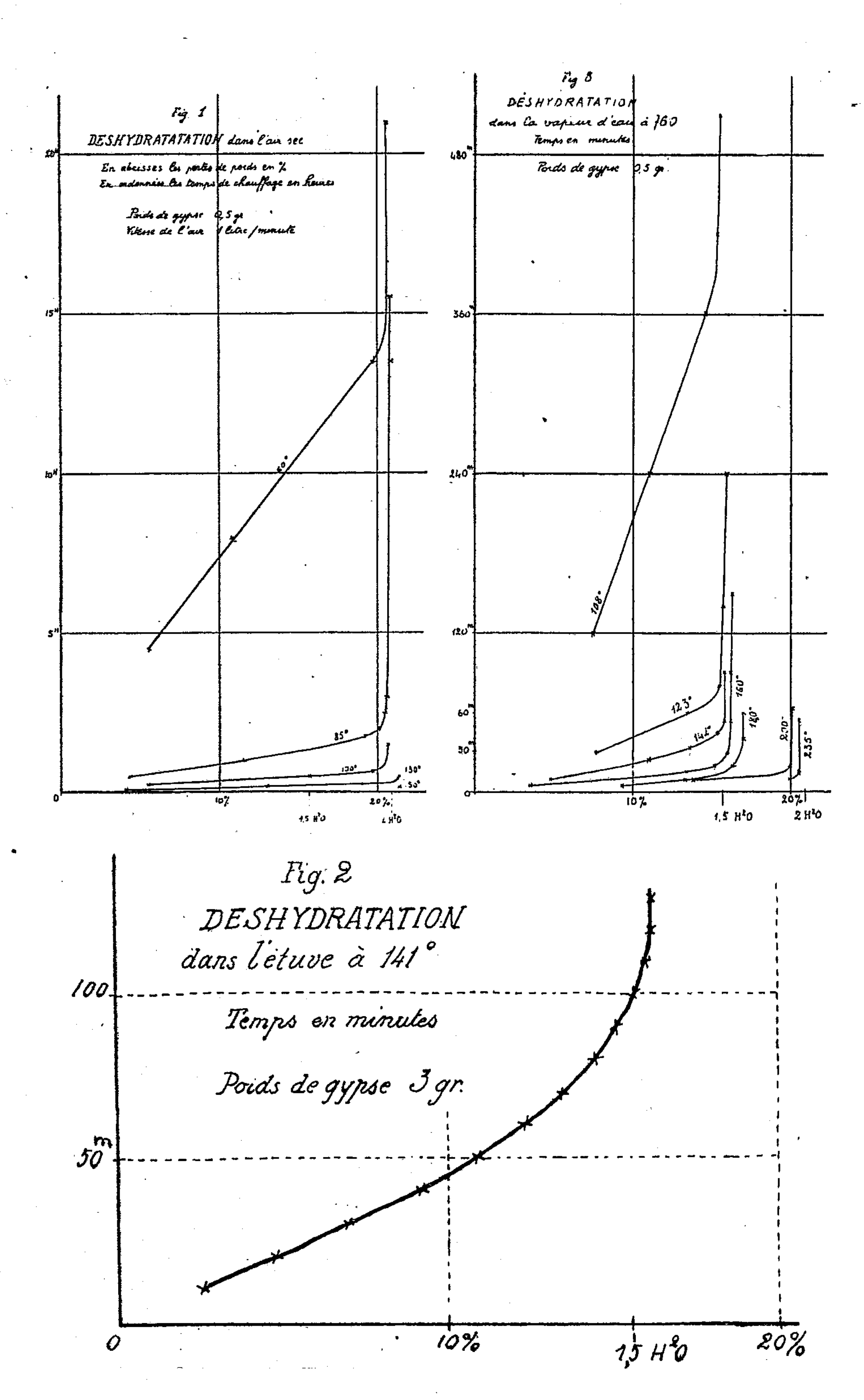


Fig 1
DESHYDRATATATION dans l'air sec
En abcisses les pertes de poids en %
En ordonnées les temps de chauffage en heures
Poids de gypse 0,5 gr
Vitesse de l'air 1 litre/minute
20h
15h
10h
5h
0
80°
85°
120°
130°
150°
10%
20%
1,5 H²O
2 H²O
Fig 8
DESHYDRATATION
dans la vapeur d'eau à 760
Temps en minutes
Poids de gypse 0,5 gr.
480m
360
240m
120m
60
30
0
108°
123°
141°
160°
140°
220°
235°
10%
20%
1,5 H²O
2 H²O
Fig. 2
DESHYDRATATION
dans l'etuve à 141°
Temps en minutes
Poids de gypse 3 gr.
100
50m
0
10%
1,5 H²O
20%

Ceci nous a conduit à mesurer la vitesse de déshydratation du sulfate de chaux dans une atmosphère de vapeur d'eau à la pression de 760^{mm}. Le gypse à déshydrater (environ $0^{g},5$) était contenu dans un creuset placé au centre d'un four électrique; un thermomètre à petit réservoir donnait la température de la substance. L'ensemble était situé à l'intérieur d'une allonge de grande dimension, parcourue par un courant de vapeur d'eau à 100°.

Les résultats obtenus (*fig.* 3) nous montrent que, jusqu'à environ 160°, la déshydratation s'arrête au semi-hydrate. A 200° elle est complète et rapide.

Ces différents résultats peuvent facilement expliquer la présence, dans le plâtre industriel, à sa sortie du four, d'un mélange de semi-hydrate et de sulfate anhydre. Les parties déshydratées, dans l'air sec à toute température ou dans la vapeur d'eau au-dessus de 200°, sont constituées par du sulfate anhydre; la matière obtenue, en chauffant le gypse au-dessous de 160° dans la vapeur d'eau provenant de l'opération, est constituée par du semi-hydrate.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Transpositions moléculaires accompagnant la déshydratation des alcools primaires phényléthyliques-α.α-disubstitués.* Note [1] de Mme **Pauline Ramart** et M. **J. Blondeau**, présentée par M. A. Haller.

L'un de nous, en collaboration avec M. Haller, a montré [2] que, si l'on déshydrate le 2-phényl-2-méthyl-1-propanol, le carbure obtenu est composé presque entièrement par du 1-phényl-2-méthylpropène-1. Cette déshydratation est donc accompagnée d'une migration du radical phényle

$$C^6H^5C(CH^3)^2-CH^2OH \rightarrow (CH^3)^2C=CH-C^6H^5.$$

Nous avions également montré qu'il se forme en même temps une petite quantité de phényl-2-butène-2.

La présente Note a pour but d'exposer les résultats obtenus avec les trois carbinols homologues suivants : le *2-phényl-2-méthyl-1-butanol*, le *2-phényl-2-éthyl-1-butanol* et le *2-phényl-2-benzyl-1-butanol*.

(1) Séance du 30 avril 1923.

(2) A. Haller et Mme Ramart, *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1211.

Ces alcools ont été déshydratés catalytiquement en les faisant passer à l'état de vapeur à travers un tube, chauffé vers 400°, et rempli d'agglomérés de terre d'infusoires. Cette opération a été faite à la pression ordinaire pour les deux premiers et sous pression réduite pour les derniers. Les carbures ainsi obtenus ont été purifiés par distillations fractionnées. Comme ils ne cristallisent pas et que nous n'avons pu obtenir de dérivés solides qui nous auraient permis de les identifier, nous avons établi leur constitution par l'étude de leurs produits d'oxydation. Pour chacun de ces carbures, l'oxydation a été faite par l'acide chromique au sein de l'acide acétique cristallisable. Quand la liqueur est devenue verte, on la porte à l'ébullition et l'on recueille les portions les plus volatiles en vue de rechercher les cétones de poids moléculaire faible.

La solution acétique a été ensuite traitée par de l'eau et agitée avec de l'éther; la couche éthérée a été lavée à plusieurs reprises avec de l'eau puis avec du carbonate de soude pour enlever les acides ayant pris naissance au cours de l'oxydation. Après avoir décanté la solution éthérée et chassé l'éther, les produits neutres d'oxydation ont été fractionnés, puis traités par la semicarbazide pour identifier par leurs semicarbazones, les cétones formées. Il est à noter que dans chaque cas on régénère une certaine quantité de carbure ayant échappé à l'oxydation.

Déshydratation du 2-phényl-2-méthyl-1-butanol

$$\begin{matrix} CH^3 \diagdown \\ C^6H^5 - C - CH^2OH. \\ C^2H^5 \diagup \end{matrix}$$

— Le carbure obtenu distille à 197°-201° n. cor. sous 760^{mm}. Liquide incolore soluble dans tous les solvants, insoluble dans l'eau. Oxydé comme il a été dit plus haut il fournit :

1° De la méthyléthylcétone caractérisée par sa semicarbazone fondant à 140°;

2° De l'acide benzoïque fondant à 120°;

3° Une petite quantité d'acétophénone dont la semicarbazone fond à 202°. Les eaux mères de cristallisation de cette semicarbazone laissent déposer des cristaux fondant vers 160°. L'analyse de ce produit montre qu'il est formé d'un mélange des semicarbazones de l'acétophénone et de l'éthylphénylcétone, mais nous n'avons pu isoler cette dernière à cause de la faible quantité de produit que nous avions.

Ces résultats montrent que le carbure est formé, en majeure partie, de *phényl-1-méthyl-2-butène-1* (I), lequel, par oxydation, donne de la méthyléthylcétone et de l'acide benzoïque. Il se forme également un peu de *phényl-2-pentène-2* (II) et de *phényl-3-pentène-3* qui, oxydés, fournissent respectivement de l'acétophénone et de l'éthylphénylcétone :

$$\underset{(I).}{\begin{matrix} CH^3 \\ C^2H^5 \end{matrix} \rangle C = CH - C^6H^5}; \quad \underset{(II).}{C^6H^5C \begin{matrix} \diagup CH^3 \\ \diagdown\!\!\diagdown CH - CH^2CH^3 \end{matrix}}; \quad \underset{(III).}{C^6H^5C \begin{matrix} \diagup C^2H^5 \\ \diagdown\!\!\diagdown CH - CH^3 \end{matrix}}.$$

Déshydratation du 2-phényl-2-éthyl-1-butanol

$$C^6H^5C\begin{cases}(C^2H^5)^2\\CH^2OH\end{cases}.$$

— Le carbure correspondant bout à 213°-217° sous 760mm. C'est un liquide incolore assez mobile, soluble dans tous les solvants organiques, insolubles dans l'eau.

Oxydé, il nous a donné :

1° De la diéthylcétone caractérisée par sa semicarbazone fondant à 139°;

2° De l'acide benzoïque ;

3° Une très faible quantité d'une semicarbazone dont le point de fusion (vers 155°) est inférieur à celui de la semicarbazone de l'éthylphénylcétone (177°), mais qui, mélangée à cette dernière, fond vers 160°, au lieu de fondre à une température inférieure à 155°.

Ces résultats nous permettent d'attribuer au carbure la formule du *phényl-1-éthyl-2-butène-1* (III) mélangé sans doute d'une petite quantité de phényl-3-hexène-3 (IV) :

$$(C^2H^5)^2C=CH-C^6H^5 \quad \text{(III)}. \qquad C^6H^5C\begin{cases}C^2H^5\\CH-C^2H^5\end{cases} \quad \text{(IV)}.$$

Déshydratation du 2-phényl-2-benzyl-1-butanol

$$\begin{matrix}C^2H^5\diagdown & & \\ C^6H^5- & C & -CH^2OH.\\ C^6H^5CH^2\diagup & & \end{matrix}$$

— Le carbure est constitué par un liquide incolore, d'odeur faible, distillant à 177°-178° sous 15mm.

Les produits d'oxydation de ce carbure sont constitués en majeure partie :

1° D'éthylbenzylcétone dont la semicarbazone fond à 154°-155° (1);

2° D'acide benzoïque.

Les eaux mères de cristallisation de la semicarbazone de l'éthylbenzylcétone laissent déposer une très petite quantité de cristaux fondant plus bas, mais nous n'avons pu isoler de produit défini.

De ce qui précède nous pouvons conclure que notre carbure est constitué,

(1) M. Tiffeneau indique 146° mais ce doit être une erreur d'impression (*Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, t. 10, p. 369).

en majeure partie, par du phényl-1-benzyl-2-butène-1

$$\begin{matrix} C^6H^5CH^2 \\ C^2H^5 \end{matrix}\!\!>C = CH - C^6H^5 \quad (^1)$$

que l'oxydation transforme en benzyléthylcétone et acide benzoïque.

En résumé, nous avons montré que lorsqu'on traite les phényléthanols primaires $\alpha\alpha$ disubstitués par la chaleur, en présence de terre d'infusoires, ils se déshydratent et que cette déshydratation est accompagnée de transpositions moléculaires dont la principale peut être représentée par le schéma suivant :

$$C^6H^5C\begin{matrix} \diagup R_1 \\ -CH^2OH \\ \diagdown R_2 \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} R_1 \\ R_2 \end{matrix}\!\!>C = CH - C^6H^5.$$

Toutefois, à côté de cette migration phénylique, il se produit, en faible quantité, des carbures résultant de la transposition des radicaux R_1 et R_2 :

$$C^6H^5C\begin{matrix} \diagup R_1 \\ -CH^2OH \\ \diagdown R_2 \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} C^6H^5 \\ R_1 \end{matrix}\!\!>C = CH - R_2 \quad \text{et} \quad \begin{matrix} C^6H^5 \\ R_2 \end{matrix}\!\!>C = CH - R_1.$$

Ces résultats sont d'ailleurs conformes à ceux que l'on obtient avec le phényl-2-méthyl-2-propanol-1.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur le sulfure de picryle. Étude du binaire trinitroanisol-sulfure de picryle.* Note (²) de MM. **Chaumeil** et **V. Thomas**, présentée par M. A. Haller.

L'étude de ce binaire a été faite sommairement par l'un de nous pendant la guerre, en collaboration avec M. Culan. Nous avons repris et complété cette étude.

Le trinitroanisol utilisé pour ces recherches fondait à 64°,8. Le sulfure de picryle était le même que celui employé pour l'étude du binaire tolite-sulfure de picryle (³).

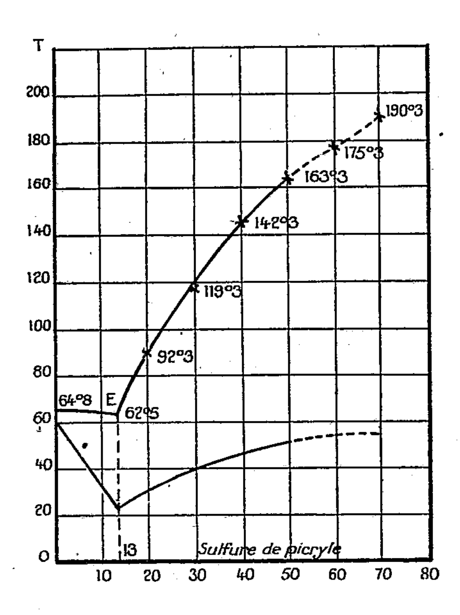
L'étude des mélanges riches en trinitroanisol, titrant de 100 à 50 pour 100,

(¹) Ce carbure a déjà été signalé par MM. Sabatier et Murat (*Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1953).

(²) Séance du 30 avril 1923.

(³) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 586.

ne présente pas de difficulté, mais dès que l'on opère sur des produits contenant 60 pour 100 de sulfure, la détermination des points de solidification commençante fournit des chiffres sujets à caution, parce que de tels binaires paraissent éprouver une décomposition. Cette décomposition est très nette dès que les mélanges sont portés au voisinage de 210° et se manifeste encore bien mieux, lorsque, après avoir abandonné la matière à solidification, on la soumet à une nouvelle fusion. Dans ces conditions, le produit à 30-40 pour 100 de trinitroanisol fournit un liquide de teinte rougeâtre qui passe au brun noirâtre en devenant visqueux. Coulé dans l'eau froide, de tels échantillons peuvent rester à cet état pendant 2 ou 3 jours avant de reprendre l'état solide. Comme les mélanges tolite-sulfure de picryle suffisamment riches en sulfure, ils émettent des vapeurs dès 180°, vapeurs qui attaquent fortement la peau.



Les résultats de l'étude thermique de ce binaire sont résumés dans le graphique ci-dessus. La température d'eutexie est voisine de 62°,5 et la composition eutectique correspond très sensiblement à 13 pour 100 de sulfure de picryle.

Dans un certain nombre d'essais effectués avec des mélanges plus riches en trinitroanisol, à teneur voisine de 90 pour 100, nous avons pu observer, lors du refroidissement, une marche anormale du thermomètre. Lorsque commence la solidification, la remontée du thermomètre se fait en *deux fois*,

comme s'il se produisait une double surfusion. Le phénomène est comparable à celui observé avec le binaire tolite-sulfure de picryle. Toutefois cette marche anormale du thermomètre ne s'est jamais traduite ici par l'apparition d'un maximum intermédiaire.

Cette anomalie trouverait une explication simple dans l'hypothèse de la formation d'un système instable qui à une température inférieure à la température d'eutexie du système stable, sulfure-trinitroanisol, se dédoublerait en trinitroanisol solide et eutectique. Le plus simple des systèmes instables que l'on est alors amené à envisager est le système formé par une solution sursaturée de trinitroanisol dans le sulfure de picryle, à teneur en trinitroanisol supérieure à celle de l'eutectique. La première remontée du thermomètre correspondrait à la transformation :

$$\text{solution sursaturée de trinitroanisol} \rightarrow \text{trinitroanisol}_{\text{sol}} + \text{eutectique}_{\text{surfondu}};$$

la deuxième à la transformation :

$$\text{eutectique}_{\text{surfondu}} \rightarrow \text{eutectique}_{\text{solide}}.$$

Pour des mélanges à 10 pour 100 de sulfure de picryle, le premier palier correspond à une température voisine de 58°,5.

La même hypothèse permettrait évidemment l'explication des résultats obtenus dans l'étude du binaire tolite-sulfure de picryle. Ce binaire, comme l'un de nous l'a déjà signalé, présente des phénomènes de « double surfusion » pour des compositions très voisines de l'eutectique avec excès de sulfure de picryle. Ces phénomènes de double surfusion peuvent encore s'observer, mais très atténués, avec les mélanges à 13,5 pour 100 de sulfure considéré comme correspondant à l'eutectique. Si l'explication donnée est ici valable, elle conduirait à la conclusion que l'eutectique tolite-sulfure de picryle correspond en réalité à une teneur en sulfure de picryle un peu inférieure à 13,5 pour 100.

Par contre, avec les mélanges trinitroanisol-sulfure riches en sulfure, la température eutectique se trouve sensiblement abaissée et cet abaissement croît avec la teneur en sulfure. Il se manifeste déjà pour une teneur de 60 pour 100. La température d'eutexie pour un tel mélange n'est plus que de 60°,15 au lieu de 62°,5. On se trouve donc là encore en présence d'un phénomène analogue à celui signalé pour le binaire tolite-sulfure. On est par suite, *a priori*, porté à en attribuer la cause à l'altération que subit le sulfure sous l'action de la chaleur.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des halogénures de magnésium sur l'épibromhydrine de l'éthylglycérine.* Note de M. **Raymond Delaby**, présentée par M. A. Béhal.

J'ai été amené à faire réagir le chlorure et le bromure de magnésium sur l'épibromhydrine-2.3 de l'éthylglycérine pour expliquer le mécanisme de formation du dibromo-1.3-pentanol-2 qui prend naissance lorsqu'on fait réagir les composés organo-magnésiens mixtes sur cette épibromhydrine : ces dernières expériences ont été rapportées dans nne Note récente ([1]).

Wurtz ([2]) dès 1860 a signalé les propriétés basiques de l'oxyde d'éthylène; en particulier, si on le mêle à une solution hydro-alcoolique de chlorure de magnésium, il y a précipitation de magnésie au bout de quelques heures et il se forme de la monochlorhydrine du glycol

$$2C^2H^4O + Cl^2Mg + 2H^2O = 2Cl\,CH^2 - CH^2OH + Mg(OH)^2.$$

D'autre part, c'est précisément sur la transformation précédente que M. Grignard ([3]) fait reposer l'interprétation de la formation d'halohydrines dans les condensations entre organo-magnésiens et composés à fonction oxyde d'éthylène : il y a tout d'abord fixation du dérivé organo-métallique sur le composé à fonction oxyde d'éthylène, ce qui donne un oxonium; par l'action de l'eau, celui-ci se scinde en ses deux constituants, et l'halogénure de magnésium libéré dans la décomposition habituelle du magnésien réagit alors sur le composé à fonction oxyde d'éthylène.

Il était donc indispensable pour admettre ce mécanisme de réaction dans ce cas particulier, de se rendre compte si les sels haloïdes de magnésium réagissaient bien sur l'épibromhydrine de l'éthylglycérine.

J'ajouterai que plusieurs auteurs, entre autres M. Pariselle ([4]), ont rappelé que la précipitation de la magnésie d'une solution de chlorure de magnésium dans l'eau alcoolisée était une propriété générale des oxydes d'éthylène α. Mais lorsqu'on lit cette indication sans autre précision, on est tenté d'opérer de la manière suivante : on introduit dans un tube à essais quelques gouttes du produit relativement rare, le corps à fonction oxyde d'éthylène, auquel on ajoute 1 à 2^{cm^3} d'une solution de sel de magnésium

---

([1]) R. Delaby, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1153.
([2]) A. Wurtz, *Comptes rendus*, t. 50, 1860, p. 1197.
([3]) V. Grignard, *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. 29, 1903, p. 946.
([4]) H. Pariselle, *Ann. Ch. et Ph.*, 8e série, t. 24, 1911, p. 376.

à 10 pour 100 dans de l'alcool à 30 pour 100 environ, et si le trouble n'apparaît pas à la température ordinaire, on chauffe graduellement jusqu'à obtenir ce résultat.

Or, si l'on opère ainsi, en faisant réagir soit le chlorure, soit le bromure de magnésium sur les épibromhydrines des éthyl- ou butylglycérines, il n'y a aucune précipitation de magnésie, ni à froid, ni à chaud : la petite quantité de magnésie libérée est soluble dans l'excès de l'halogénure de magnésium.

Au contraire, lorsqu'on chauffe une solution concentrée de *bromure* de magnésium dans l'eau alcoolisée avec de l'épibromhydrine de l'éthylglycérine en excès, le précipité de magnésie apparaît après quelques instants d'ébullition; en mettant en œuvre l'épibromhydrine de la butylglycérine dans les mêmes conditions, il faut maintenir la solution limpide au moins une demi-heure au bain-marie bouillant avant d'obtenir un louche appréciable.

Mais dans une expérience où l'on s'est servi de *chlorure* de magnésium et d'épibromhydrine de l'éthylglycérine en excès, le précipité ne s'est pas formé après cinq minutes d'ébullition. Cet insuccès doit être rapporté à une cause tout à fait accidentelle : la plupart des chlorures de magnésium commerciaux desséchés, même étiquetés purs, renferment encore du chlorhydrate d'ammoniaque non volatilisé en quantité appréciable; comme la vitesse de réaction est considérablement moindre que celle qui se manifeste lorsqu'on met en présence l'épichlorhydrine de la glycérine ordinaire et le bromure ou l'iodure de magnésium (qu'il suffit d'agiter à froid pour obtenir à peu près quantitativement la chlorobromhydrine ou la chloroiodhydrine), la faible quantité de magnésie libérée est soluble dans le sel ammoniac présent.

Il est donc nécessaire dans les cas où la réaction est très lente de mettre en œuvre au moins deux molécules du corps à groupement fonctionnel oxyde d'éthylène pour une de sel de magnésium; et il n'est pas inutile de vérifier la pureté du réactif employé.

N'ayant pas songé tout de suite à la présence possible du chlorhydrate d'ammoniaque dans le chlorure de magnésium, j'ai également fait réagir l'épibromhydrine de l'éthylglycérine sur les halogénures de magnésium en tube scellé à 125° : avec le chlorure, il se précipite en six heures la moitié de la quantité théorique de magnésie exigée par l'équation de Wurtz; avec le bromure, il ne s'en précipite pas et il doit se former sans doute des oxybromures solubles; car par distillation du produit de la réaction, on ne retrouve guère d'épibromhydrine inaltérée.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Caractères spécifiques des huiles lourdes de créosote de hêtre.* Note de MM. **Bordas** et **Touplain**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Dans une Note précédente nous avons donné une formule générale de dénaturation de l'alcool destiné au Carburant national.

Nous avons poursuivi l'étude des diverses huiles extraites des brais ou des souches de pins ainsi que des goudrons provenant de la distillation des bois.

Les huiles tirées du goudron de hêtre, plus ou moins riches en créosote et en produits et dérivés phénoliques, nous ont fourni une réaction spécifique susceptible d'augmenter la sécurité du nouveau dénaturant préconisé.

Nous avons laissé de côté les huiles de créosote de hêtre distillant avant 200° environ. Ces substances, étudiées par Reichenbach, Gorup, Muller, Duclos, et, plus récemment, par Béhal et Choay (¹) sont constituées par des phénols mono et divalents, des crésols et par plusieurs éthers méthyliques et éthyliques de phénols.

A côté de corps nettement définis, MM. Béhal et Choay signalèrent l'existence, en très faibles quantités, d'autres produits donnant des réactions colorées, par exemple, avec l'ammoniaque, une réaction bleue qui vire au rouge avec les acides.

Les huiles lourdes de hêtre, distillant entre 250° et 270° ont été étudiées par Reichenbach, Littermayer, Hoffmann : mais il règne une certaine confusion dans les caractères chimiques décrits, ainsi que dans les appellations attribuées à certains produits isolés; tels le Cédriret, le Cérulignone, le Pittakalt, etc.

En étudiant les divers fractionnements des huiles lourdes de hêtre nous avons constaté qu'en solution alcoolique, les diverses fractions fournissaient une belle coloration bleue par addition d'eau de baryte ou de chaux. Ce caractère avait été indiqué par Pastrovich (²) pour la portion de l'huile de goudron de hêtre bouillant à 240°. Cet auteur attribue cette propriété à du cérulignol qui serait constitué par l'éther méthylique d'un phénol diatomique répondant à la formule, $C^9H^{10}\langle^{OH}_{OCH^3}$, phénol qui a été isolé.

En nous basant sur les propriétés du cérulignol de Pastrovitch, nous

(¹) Béhal et Choay, *Bull. Soc. ch.*, 1894.

(²) Pastrovitch, *Mon. f. Chem.*, t. 4, p. 188.

avons pu, par une technique spéciale, caractériser très facilement le corps, dans un alcool ordinaire contenant $\frac{1}{20000}$ d'huile lourde de créosote de hêtre.

Sans insister sur le détail de ces recherches, nous pouvons considérer que l'emploi des goudrons de hêtre, dans la dénaturation des alcools, nous permettrait d'utiliser soit purs, soit en mélanges avec d'autres huiles de bois, des produits résiduels sans grande valeur; cette réaction spéciale du cérulignol, s'ajoutant à celle des éthers boriques, rendra singulièrement difficile la régénération de l'alcool du carburant national.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Recherche, au moyen de la pyridine, des matières humiques et des matières grasses du sol.* Note de M. **Maurice Piettre**, présentée par M. Lindet.

Les procédés indiqués par Grandeau et par Hilgard pour doser les matières humiques du sol, au moyen de l'ammoniaque ou du carbonate de sodium, ont donné de médiocres résultats.

I. En étudiant l'action des bases organiques sur les matières humiques, nous avons constaté que l'une d'elles, la pyridine, possède une grande affinité pour ces substances.

Si l'on fait bouillir quelques instants un peu de terre riche en humus avec de la pyridine, on voit le liquide se colorer rapidement en brun clair ou foncé suivant la teneur de la terre. Après filtration, l'évaporation au bain-marie de la solution pyridique abandonne un résidu noir, brillant, écailleux, ayant toutes les propriétés classiques de l'humus.

Pour enlever la totalité des matières humiques, l'expérience montre qu'il faut employer la pyridine diluée d'environ 50 pour 100 d'eau distillée.

Cette dilution favorise sans doute l'entraînement, en même temps que des matières humiques, de diverses substances minérales solubles ou en suspension colloïdale, mais toujours en faible proportion, de 3 à 10 pour 100 de l'humus sec.

La calcination laisse de petites quantités de Fe^2O^3 et surtout de SiO^2.

Nous proposons donc la technique suivante pour le dosage de l'humus du sol : On pèse, suivant sa teneur apparente, 20^g à 30^g de terre fine, que l'on met dans un manchon Durieux, en évitant tout tassement qui en provoque souvent la rupture. On épuise alors dans un appareil à reflux, avec de la pyridine diluée de son volume d'eau, jusqu'à ce que le solvant ne se colore plus sensiblement. La solution est soumise à la distillation, avec précaution pour éviter la mousse, poussée aussi loin que possible.

On achève la dessiccation au bain-marie, dans une capsule tarée, en ayant soin de rompre fréquemment avec le fil de platine la pellicule visqueuse qui se forme en surface. Après 12 heures à 105°-110°, on pèse la matière sèche, noir jai, parfois seulement brunâtre; c'est l'humus non combiné, l'*humus libre*, dont il reste à déduire les substances solubles dans l'alcool-éther, puis les cendres.

II. Une petite quantité de l'humus cependant résiste au réactif, retenue à la terre par de petites quantités de chaux, d'acide phosphorique et, sans doute d'autres substances minérales. Un traitement à l'acide chlorhydrique permet de remettre cet humus en liberté. Cette constatation a été faite non seulement dans des terres contenant des proportions inférieures à 0,365 pour 100 de CaO et 0,091 de P^2O^5, mais aussi dans une tourbe renfermant 0,350 de CaO et 0,109 P^2O^5 pour 100.

Pour obtenir l'humus, ainsi plus ou moins lâchement *combiné*, on fera donc agir sur l'échantillon de terre déjà privé de l'humus libre, puis séché pour éliminer la pyridine, une solution aqueuse d'HCl à 5 ou 10 pour 100 suivant la teneur en CaO et P^2O^5. Après quelques heures de contact et agitations fréquentes, on filtre, lave à neutralité, sèche et épuise à la pyridine comme plus haut. La somme humus libre plus humus combiné donne l'*humus total*. On peut aussi, pour gagner du temps, opérer à la fois sur deux échantillons de terre fine, l'un épuisé directement, l'autre après HCl; de la différence on déduit l'humus combiné.

III. La pyridine, en même temps que les matières humiques, entraîne un faisceau complexe de matières organiques non azotées, que l'on obtenait jusqu'alors par de longues opérations spéciales.

La séparation est faite, sur l'extrait pyridique séché. On pulvérise et épuise à froid, ou à chaud, par un mélange alcool-éther à parties égales jusqu'à ce que le solvant ne se colore plus. On peut aussi, en épuisant d'abord à l'éther, puis à l'alcool, obtenir deux fractions distinctes malgré les entraînements réciproques.

L'étude de ces substances, enlevées par l'alcool-éther, n'a pu encore qu'être ébauchée. Débarrassées des solvants, elles répandent un parfum net de benjoin ou de vanilline, quelquefois des deux; de coloration jaune, de toucher onctueux elles brûlent avec une flamme fuligineuse, à odeur de graisse, sans résidu. Dissoutes dans une solution aqueuse de carbonate de sodium, elles précipitent, à froid, en larges flocons blanchâtres qui brunissent rapidement à l'air et à la température du laboratoire. Elles fondent en se ramollissant entre 65° et 70°. On constate l'absence presque totale d'acides gras à double liaison.

En liqueur alcoolique aqueuse, elles sont saturées par 5,40 pour 100 de Na.

Il s'agit donc bien de substances appartenant au groupe des matières grasses, dont quelques-unes (acides dioxystéarique, oxystéarique, lignocérique) ont déjà été signalées par Schreiner et Shorey, Schreiner et Lathrop, Schreiner et Sullivan, etc.

La relation pondérale entre l'humus vrai et ces matières grasses varie suivant les sols et surtout le mode et le stade d'exploitation de ces sols.

Dans nos recherches, les terres vierges très riches en matières humiques contiennent toujours une faible proportion de ces substances de 10 à 25 pour 100 de l'humus total. Au contraire les terres longuement épuisées par la culture du café, très pauvres en matières humiques, contiennent une forte teneur, de 40 à 55 pour 100 de l'humus total.

Dans le traitement à la pyridine, la plus grande partie des matières grasses passe pendant l'épuisement direct de la terre, c'est-à-dire avec l'humus libre. Cependant on en isole dans chaque extrait pyridique.

Conclusions. — La pyridine est le solvant organique par excellence des matières humiques. Diluée à 50 pour 100 environ elle fournit une méthode de dosage simple et exacte, à la fois pour l'humus libre et pour l'humus fixé ou combiné.

Enfin elle permet en même temps l'isolement, en vue du dosage et de l'étude chimique, des substances organiques du groupe des matières grasses qui accompagnent l'humus dans le sol et qui ont été considérées par différents auteurs comme faisant partie du bloc des « toxines du sol ».

CRISTALLOGRAPHIE. — *Réflexion des rayons de Röntgen sur certains plans réticulaires remarquables de la calcite.* Note de M. **Ch. Mauguin**, présentée par M. Wallerant.

L'analyse de la structure de la calcite de W.-L. Bragg (1) et W.-H. Bragg (2) repose sur la donnée expérimentale suivante : les équidistances des plans réticulaires du cristal sont celles d'un réseau rhomboédrique dont la maille a pour arête $a = 4,04 . 10^{-8}$ cm et pour angle dièdre $\lambda = 78°51'$; ceci résulte de la mesure des angles de réflexion θ de rayons X de longueur d'onde connue sur les faces p, b^1, e^1, e^2, d^1, a^1, avec application de la

(1) W.-L. Bragg, *Proc. Roy. Soc.*, A, t. 89, 1914, p. 468.

(2) W.-H. Bragg, *Phil. Trans. Roy. Soc.*, A, t. 215, 1914, p. 253.

formule connue $n\lambda = 2d\sin\theta$. La maille a la forme du rhomboèdre e^1 auquel, pour simplifier, nous rapporterons les indices de Miller des faces du cristal. L'équidistance des plans réticulaires (pqr) est alors donnée par la formule

$$(1) \qquad d_{pqr} = \frac{3,85}{\sqrt{p^2+q^2+r^2-2(pq+qr+rp)\cos 78°51'}}.$$

En multipliant le volume de la maille par la densité du cristal, on trouve que la masse de matière contenue dans la maille est exactement celle d'une molécule CO^3Ca. Le problème de la structure est alors ramené à celui-ci : distribuer les atomes, à raison d'un atome C, un atome Ca, trois atomes O par maille, de façon à réaliser un édifice à symétrie ternaire holoédrique. On a une solution immédiate en plaçant un atome C au centre de la maille, un atome Ca en chacun des sommets, un atome O au milieu de chaque arête (un atome placé sur une arête étant commun à 4 mailles ne compte que pour $\frac{1}{4}$; placé en un sommet pour $\frac{1}{8}$ seulement).

W.-L. et W.-H. Bragg ont adopté une solution un peu différente, plaçant les atomes O sur les axes L_2 comme on le voit sur la figure. La maille ainsi constituée n'étant pas superposable à son image, il faut pour construire un édifice holoédrique associer deux sortes de mailles, des mailles opposées par un sommet ou adjacentes par une face étant énantiomorphes.

Cette structure moins simple que la précédente rend mieux compte des variations de l'*intensité* de la réflexion des rayons X sur les différentes faces du cristal. Toutefois, comme les calculs d'intensité reposent sur des lois encore incertaines, il n'est pas sans intérêt de chercher l'appui d'autres arguments.

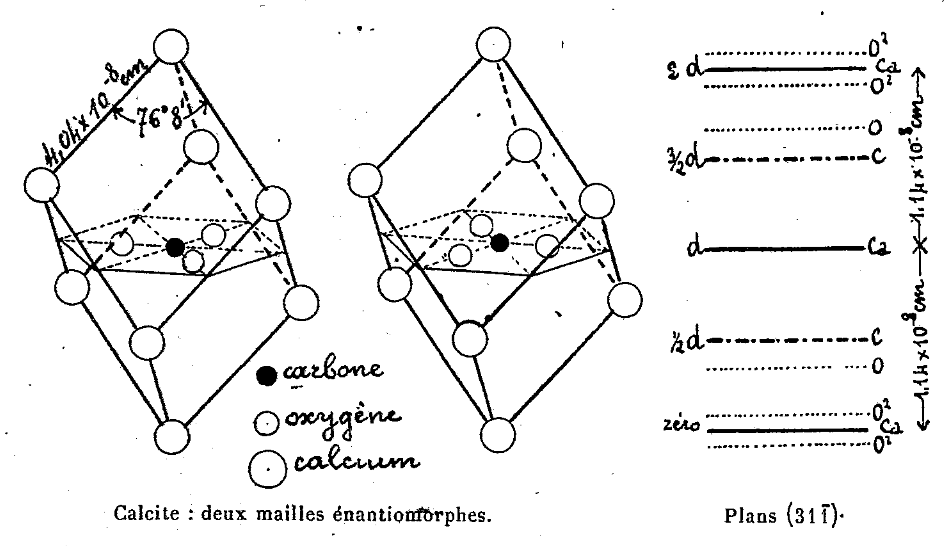
L'édifice de W.-L. et W.-H. Bragg se distingue par une particularité évidente : les atomes d'oxygène n'y sont pas distribués avec la même périodicité que les atomes de carbone ou de calcium. La figure donne un schéma de l'arrangement des atomes dans les plans réticulaires $(31\bar{1})$. Les atomes C ou les atomes Ca sont répartis dans des plans qui se suivent à des intervalles constants donnés par la formule

$$(1) \qquad d_{31\bar{1}} = 3,85 : \sqrt{10+\cos 78°51'} = 1,14.10^{-8}\text{ cm}.$$

Mais les plans chargés d'atomes O ne se reproduisent identiquement qu'à des intervalles deux fois plus grands.

Supposons qu'un faisceau de rayons X homogènes tombe sur ces plans

sous un angle θ tel que les rayons réfléchis par deux plans séparés par l'intervalle $2d = 2,28.10^{-8}$ cm présentent entre eux une différence de marche égale à une longueur d'onde λ. Les ondes réfléchies par des plans Ca ou par des plans C successifs présenteront la différence de marche $\frac{\lambda}{2}$; elles s'annuleront par interférence; mais il n'en sera pas de même des ondes réfléchies



Calcite : deux mailles énantiomorphes. Plans (31$\bar{1}$).

par les plans O. Si donc l'hypothèse de W.-L. et W.-H. Bragg est exacte, les plans en question devront présenter une réflexion de premier ordre pour un angle θ correspondant à une équidistance deux fois plus grande que celle qu'on calcule par la formule (1), *réflexion due aux seuls atomes d'oxygène.*

Une analyse simple montre qu'il doit en être ainsi pour tous les plans ayant pour indices trois nombres impairs inégaux. Aucun des plans étudiés par Bragg n'appartient à cette catégorie; c'est pourquoi leurs équidistances sont données par la formule (1). Voici le résultat de mesures nouvelles effectuées au moyen de la raie K_α du molybdène :

Indices rapportés au rhomboèdre e^1.	Angle de réflexion θ.	Valeur de d expérimentale.	Valeur de d calculée.
	°	cm	cm
21$\bar{1}$	13,5	$1,52 \times 10^{-8}$	$1,52 \times 10^{-8}$
11$\bar{1}$	9,7	2,09	2,09
41$\bar{1}$	23,2	0,90	0,90
31$\bar{1}$	8,9	2,27	1,14
51$\bar{1}$	13,9	1,47	0,735
31$\bar{3}$	12,5	1,64	0,81

On voit que pour les trois derniers plans dont les indices sont trois nombres impairs différents, les équidistances expérimentales sont doubles des équidistances calculées (¹). La réflexion est intense sur $(31\bar{1})$, un peu plus faible sur $(51\bar{1})$ et $(31\bar{3})$. Ces résultats apportent une confirmation nouvelle à l'hypothèse de W.-L. et W.-H. Bragg.

Une vérification analogue mériterait peut-être d'être tentée sur le corindon Al^2O^3 et l'hématite Fe^2O^3 où l'arrangement des atomes d'oxygène semble être le même que dans la calcite.

GÉOLOGIE. — *Le phénomène dit de l'impression, dans les minerais de fer mésozoïques de France.* Note de M. L. **Cayeux**, présentée par M. H. Douvillé.

Le phénomène de l' « impression des cailloux » est développé à grande échelle dans les minerais de fer oolithique de l'époque secondaire. En l'espèce, le « caillou » est une oolithe, quelquefois une fausse oolithe et souvent un débris d'organismes, au premier rang desquels viennent les Mollusques. La pénétration des matériaux les uns dans les autres se produit généralement entre oolithes, souvent entre oolithes et organismes, et, dans plusieurs cas, entre débris organiques seuls. Le phénomène est assujetti à une condition, nécessaire et non suffisante, la contiguïté des éléments.

1. Dans le domaine des oolithes ferrugineuses, les exemples d'impression pullulent. Tout minerai de Lorraine dont les oolithes se touchent les montre creusées de petites cupules, résultant d'une pénétration des éléments les uns dans les autres. C'est l'image en petit et généralisée du phénomène de l'impression des cailloux.

2. L'association des oolithes et des organismes produit de curieux effets. Dans le cas le plus répandu, l'organisme est un débris de Mollusque, très allongé, qui a conservé sa structure lamellaire ou fibreuse très caractéristique. La pénétration se fait à tous les degrés; elle peut être superficielle, mais elle est tout aussi souvent profonde. Il n'est pas rare, en effet, que les

(¹) L'analyse approfondie des radiogrammes de Laue (Wyckoff, *Am. J. of Sc.*, 4ᵉ série, t. 50, 1920, p. 317, et Schiebold, *Abh. Sächs. Akad. d. Wiss.*, t. 36, 1919, p. 69) permettait déjà d'envisager comme très probable la particularité de ces plans réticulaires remarquables; la mesure directe de leurs équidistances la met hors de doute.

oolithes s'avancent jusqu'au centre, et qu'on observe de longues sections de Mollusques, incrustées d'oolithes d'un bout à l'autre. Les choses sont susceptibles d'être poussées plus loin et d'aboutir au morcellement. C'est ainsi qu'un fragment de Mollusque du minerai de Custines (Bassin de Nancy) est traversé dans toute son épaisseur et tronçonné dans la coupe par quatre oolithes. De loin en loin, on rencontre également des articles de Crinoïdes littéralement sertis d'oolithes. Un très curieux exemple est réalisé dans le minerai magnétique de la couche grise de Hayange, où l'on voit un article de Crinoïde, au réseau conservé et minéralisé par de la chlorite, dans lequel sont engagés et parfois profondément, onze oolithes et un débris de Mollusque.

3. Contre toute attente, il y a peu d'exemples d'incrustation de test de Mollusque par des grains de quartz.

4. Développé dans le milieu exclusivement organique, le phénomène est non moins intéressant. Il nous montre un article de Crinoïde pénétrant dans un reste de Mollusque, ou encore une fausse oolithe, dérivée d'un fragment de Mollusque, enchâssée dans un morceau de Mollusque.

En résumé, l'impression, susceptible de se produire entre substances différentes ou de même nature, met en cause les composés ferrugineux, la calcite et le quartz.

A la lumière des nombreux exemples réunis dans les minerais de fer oolithique, le phénomène paraît se réclamer de deux processus différents, les mêmes que l'on fait intervenir tour à tour pour expliquer les « cailloux impressionnés ».

1. *Le phénomène est d'ordre mécanique,* — En ce qui concerne les galets, on admet qu'un élément pénètre dans un autre en refoulant la matière qui occupait la place des vides engendrés. Les fentes et mouvements relatifs que montrent nombre de « cailloux impressionnés » ne laissent aucun doute sur l'intervention du facteur pression. Cela ne suffit pas pour affirmer que le mécanisme relève uniquement de la dynamique. Une foule d'oolithes ferrugineuses ont certainement été impressionnées par ce processus ; la preuve en est qu'un grand nombre d'individus sont disloqués.

2° *Le phénomène est d'ordre chimique*, ce qui veut dire, au fond, que la pénétration se fait par dissolution. A mon sens, les arguments invoqués jusqu'à présent dans le cas des galets manquent de valeur démonstrative, du fait qu'on ne s'est pas occupé des modifications éventuelles de la microstructure des matériaux impressionnés.

Dans le cas des minerais de fer oolithique, le problème est extrêmement

simple. On a, d'une part, des oolithes qui s'enfoncent dans les restes de Mollusques et d'Échinodermes, et, d'autre part, des éléments d'origine organique, doués d'une structure propre se traduisant par une apparence fibreuse, lamelleuse ou réticulée. Les cavités par lesquelles les oolithes se font place dans ce milieu, à structure parfaitement définie, sont dessinées comme à l'emporte-pièce. Pour fixer l'essence même du phénomène de l'impression, il suffit de constater que les fibres et feuillets qui arrivent au contact des oolithes engagées dans un reste de Mollusque sont tranchées net; quant à ceux qui passent à proximité ou qui sont tangents aux oolithes, ils ne subissent pas la moindre déviation. S'agit-il d'articles de Crinoïdes, toute la partie du réseau qui occupait la place des oolithes a disparu, et ce qui reste n'est en rien modifié. Bref, *il n'y a pas refoulement, mais destruction des éléments du squelette, et ce qui reste des édifices organiques n'a pas été affecté, si peu que ce soit, par le phénomène.* Telle est la règle toutes les fois que des débris organiques à microstructure conservée sont mis en cause.

Il est possible, sinon probable, que la pression n'est pas étrangère à l'impression des organismes de nos minerais, mais il n'y a aucune raison de lui attribuer un rôle prépondérant. Une chose est certaine : tous les exemples observés impliquent un phénomène de dissolution.

En conséquence, dans le cas particulier des minerais de fer oolithique, le phénomène, dit de l'impression, se réclame tantôt de la pression seule, tantôt de la dissolution avec ou sans le concours de la pression.

GÉOLOGIE. — *Du rôle des avant-plis provençaux dans la tectonique des Alpes-Maritimes.* Note de M. **Léon Bertrand**, présentée par M. Pierre Termier.

En avant des nappes provençales du Sud des Alpes-Maritimes, il existe une série de plis de direction provençale, parfois encore affectés d'un déversement ou même d'un chevauchement au Nord, évidemment dus au plissement provençal. D'autres peuvent se reconnaître encore malgré les déformations alpines ultérieures, ayant amené une déviation de leur direction ou un chevauchement inverse. Les premiers de ces avant-plis provençaux longent nettement le bord des nappes; c'est ainsi que le front de la nappe du Cheiron est fidèlement suivi par un repli anticlinal de son soubassement crétacé, sur toute la longueur de l'*aire synclinale de l'Estéron*. La formation même de celle-ci et de la plupart de ses plis secondaires semble aussi

de genèse provençale, avec une phase préliminaire anté-auversienne, probablement contemporaine de la phase lutétienne du plissement pyrénéen, et une réaccentuation corrélative de l'avancée des nappes à la limite de l'Éocène et de l'Oligocène, ce dernier marquant d'ailleurs, de même qu'à Biarritz, un changement complet de régime.

Cette disposition se retrouve pour l'*anticlinal du Gourdan*, fortement chevauchant au Nord sur le bord de l'*aire synclinale du Var moyen*, dont la direction générale est aussi nettement provençale, de même que celle des plis secondaires qui se montrent dans sa partie occidentale. C'est aussi à une origine provençale que j'attribue aujourd'hui la formation de l'éperon anticlinal, faillé sur une partie de sa longueur, qui prolonge au SW le dôme de Barrot et dont j'ai autrefois cherché à donner une explication ([1]) dans laquelle j'avais admis la nécessité d'une poussée venue du Sud, qui est simplement le plissement provençal. A cette lumière nouvelle, il est frappant de constater que les plis alpins venant de l'angle SE de la feuille de Digne avec une orientation NW-SE se sont arrêtés à ce faisceau de plis antérieurs, qui donnaient une grande rigidité dans le sens transversal à leur direction, comme cela se passe pour la tôle ondulée. Une telle disposition est évidemment peu favorable au développement de plis transversaux et conduit plutôt à la formation de *cassures* transverses aux anciens plis, si la poussée dans cette direction a été assez forte pour vaincre leur rigidité.

La même explication semble s'appliquer au fait si curieux que les plis alpins très intenses des environs de Roubion et de Saint-Sauveur (dont l'un est d'ailleurs la racine de la nappe alpine du Mounier) se sont brusquement arrêtés au bord du grand synclinal transverse du Var moyen. Mais, à son extrémité orientale, ce grand synclinal provençal a fini par être dévié par l'intensité des poussées alpines et incorporé au régime alpin, et alors se montre, en son bord méridional, le faisceau de plis alpins imbriqués qui ont donné lieu aux *chevauchements de la Vésubie inférieure*. Ce régime se termine au grand chevauchement du Mont Vial, véritable limite du domaine alpin dans les Alpes-Maritimes, qui s'est d'ailleurs greffé à côté du pli provençal du Gourdan, sans se superposer à lui.

On s'explique maintenant aussi de trouver, de l'autre côté de *l'axe triasique alpin de la Vésubie moyenne*, par lequel se termine tectoniquement l'aire anticlinale du Mercantour, un faisceau de plis ayant une direction nettement provençale, à l'Est de Belvédère et de La Bollène et se prolongeant

([1]) *Étude géologique du Nord des Alpes-Maritimes*, p. 173, fig. 31.

vers la Roya. Ces plis se montrent brusquement coupés par la cassure, légèrement chevauchante, qui limite à l'Est le Trias en question, de même que le sont aussi les plis secondaires de la cuvette du Tournairet, terminaison du synclinal du Var moyen, par une cassure semblable située à l'Ouest du même axe triasique.

Cet accident alpin de première importance aurait été, à l'égard des avant-plis provençaux, une aire de surélévation à peu près transversale qui, pour la raison mécanique indiquée plus haut, a avorté en tant que pli anticlinal régulier et s'est traduite par *deux cassures* entre lesquelles a été surélevé le Trias, avec un léger chevauchement bilatéral de celui-ci en raison de sa grande plasticité, après qu'avait commencé toutefois à se faire une légère déviation des plis provençaux en question. Ainsi s'élucide la véritable énigme que constituait cet éperon triasique de Lantosque qui, après s'être réuni à un autre axe triasique apparu dans des plis alpins plus externes que la cuvette du Tournairet, finit avec lui par ne plus former que le noyau d'un anticlinal alpin normalement couché au SW. Son flanc renversé arrivant d'ailleurs à disparaître ainsi que le noyau triasique, tout ce complexe se résout finalement en un chevauchement vers l'Ouest délimitant, en ce qui concerne les plis alpins, l'aire synclinale du Var moyen de celle du Paillon. Cet important accident structural est donc d'origine très composite, d'autant que le chevauchement qui le prolonge va, plus au Sud, se greffer sur le flanc occidental de l'anticlinal du Mont Férion, ancien pli provençal dévié par le plissement alpin et compliqué, dans la région de Châteauneuf, d'un important chevauchement de son flanc oriental, inverse du précédent et qui suit le bord dévié des nappes provençales à l'Est du Var. Ce pli s'ennoie d'ailleurs sous le Crétacé du Mont Macaron pour reparaître au-delà du Paillon, en s'incorporant dans le faisceau du Littoral et y reprenant graduellement la direction provençale typique, par le pli qui a donné naissance d'abord à un chevauchement au Nord dans la région de Peille, puis à la nappe de l'Agel par un chevauchement ultérieur au Sud, d'âge alpin. Il semble d'ailleurs très vraisemblable que les divers chevauchements enracinés du faisceau du Littoral, indiqués dans une Note précédente, sont d'anciens plis provençaux compliqués ultérieurement d'un chevauchement alpin.

Un régime très net d'avant-plis provençaux, ayant donné des chevauchements imbriqués au NNW, se trouve jusque dans le *faisceau de la Roya*, à partir du Col de Brouis et de la vallée de la Maglia, se dégageant brusquement au-dessous de l'épaisse série crétacée largement développée dans l'aire

synclinale du Paillon et de la Bevera, où la direction alpine se montre bien marquée par les noyaux jurassiques saillants, assez souvent chevauchants vers l'WSW, qui crèvent le Crétacé et par les synclinaux nummulitiques, jusqu'à la Méditerranée dans la région de Menton. Les accidents provençaux de la vallée de la Maglia montrent d'ailleurs, à leur terminaison occidentale, quelques petits ploiements alpins très brusques, donnant un style spécial, avec véritable hernie de Trias étranglée à leur base, résultant d'un croisement local des deux directions. Mais ce régime très local est suivi, dans la vallée de la Roya entre Breil et Saorge, par trois chevauchements provençaux marginaux très réguliers, imbriqués au NNW les uns au-dessus des autres sans répercussion alpine apparente, qui constituent *un véritable îlot provençal* s'ennoyant ensuite sous le Crétacé avant d'arriver à la crête frontière dans le saillant du territoire français qui avoisine Saorge.

Il paraît actuellement permis de penser que le régime pyrénéo-provençal de nappes et plis poussés au Nord, croisés par les plis alpins dans les Alpes-Maritimes, a dû se poursuivre dans l'*Apennin*, qui en serait d'ailleurs la prolongation très directe.

GÉOLOGIE. — *Sur l'existence du Coniacien dans le massif du Daralagœz (Transcaucasie méridionale)*. Note de M. **Pierre Bonnet**, présentée par M. Émile Haug.

J'ai déjà signalé quelques faits nouveaux concernant le Néocrétacé de la Transcaucasie méridionale, et décrit en particulier sa succession dans le Nakahitchevan-tchaï ([1]) et dans le massif de Djoulfa ([2]). Une récente étude détaillée de la faune crétacée que j'ai récoltée dans le Daralagœz, m'a fourni un certain nombre de données nouvelles qui complètent dans une large mesure celles que j'avais apportées précédemment.

C'est ainsi que j'ai pu préciser entre autres l'existence du Coniacien à Ammonoïdés dans le centre du Daralagœz, très différent de celui de Djoulfa qui réalisait le type franchement néritique à Rudistes.

La faune que j'y ai recueillie, au pied du versant ouest du Kazan-Iaïla, se répartit en deux niveaux : le niveau inférieur contenait : *Barroisiceras Haberfellneri* Hau., *Phylloceras Forbesianum* Orb., *Puzosia (Latidorsella) diphylloides* Forb., *Anisoceras* sp., *Hamites* sp., *Conulus fallax* Lamb.,

([1]) *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 1634.
([2]) *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 1386.

Echinocorys Gravesi Desor, *Micraster* probablement *corbaricus* [1], *Rhynchonella Peroni* Douv., *Corax falcatus* Ag., *Ptychodus mamillaris* Ag.; le niveau supérieur : *Inoceramus Lamarcki* Park., *I. lingua* Goldf. et les mêmes Échinides, mais en petit nombre.

La présence de *Barroisiceras Haberfellneri* à la base de cette série dénote incontestablement l'existence du Coniacien.

Celle de *Phylloc. Forbesianum* et *Puzosia diphylloides*, formes connues du Maestrichtien (Valoudayour) ou tout au plus du Santonien (Tunisie) ne peut prévaloir pour les raisons suivantes : *B. Haberfellneri* est une espèce typique coniacienne; d'autre part, une espèce bien semblable à *Ph. Forbesianum*, quoique séparée ultérieurement (*Ph. Whiteavesi* Kossm.), a été, sous ce nom de *Forbesianum*, décrite du Cénomanien de l'Inde, de Madagascar et du Daghestan; cette forme paraît donc être sans fixité stratigraphique; enfin même en lui supposant cette propriété, si l'espèce *Forbesianum* s. s. n'était pas connue ailleurs avant le Santonien, son apparition au Coniacien en Transcaucasie ne constituerait qu'une des fréquentes arrivées précoces, dans cette région, de formes plus récentes ailleurs, phénomène que j'ai déjà fait remarquer à plusieurs reprises. Un raisonnement identique peut être tenu pour *Puzosia diphylloides*, forme contemporaine de la précédente et possédant également des ancêtres cénomaniens (*Puz. inanis* Stol.).

L'état de moules ferrugineux de ces *Phylloceras* et *Puzosia*, la présence de dents de Squales, l'absence de tout élément franchement néritique rapprochent cette faune de celles du Sénonien bathyal de type géosynclinal; cependant la prédominance numérique des Échinides sur le nombre restreint des *Phylloceras* et les caractères lithologiques des dépôts, surtout de ceux de la base, empêchent de lui reconnaître sans restriction ce caractère. Ces calcaires gréseux, glauconieux, avec concrétions ferrugineuses, feraient songer plutôt à une formation transgressive, déposée en eaux agitées, préludant aux dépôts crayeux du Sénonien supérieur bathyal qui continue la série.

Je n'ai pu observer le soubassement, caché en profondeur, du gisement dont il s'agit. Néanmoins, étant donnée la proximité de l'affleurement des couches de Gosau sous des formations analogues tant par leur nature lithologique que par la présence dans leur partie supérieure de quelques Inocérames communs, et surmontées de la même suite néocrétacée, il est plausible de supposer l'existence des couches de Gosau sous ce Coniacien à *B. Haberfellneri*.

Cet étage doit rarement se présenter sous ce type dans toutes les chaînes

[1] La détermination de ces Échinides est due à M. J. Lambert.

de l'Araxe moyen, parce que, en dépit du nombre de coupes que j'ai relevées du Sénonien bien développé et de sa base à faciès de Gosau, c'est ici le seul point où j'ai rencontré ce faciès à Ammonoïdés; partout ailleurs ce sont des calcaires gris, lithologiquement semblables, plus ou moins réduits, mais ne renfermant que de rares fragments d'Inocérames, et dont par suite l'âge est précisé surtout par leur situation entre les couches à faune de Gosau et celles à *Mortoniceras texanum*.

Comme ce gisement se trouve précisément au centre du massif où j'ai signalé d'autre part la présence, exclusive dans le Sud transcaucasien, de Silurien à Lamellibranches, de Trias inférieur à *Ophiceras* et Meekoceratidés et de Vraconnien à *Mortoniceras*, ainsi que le groupement des faciès les plus profonds à toutes époques, la localisation en ce même endroit de Sénonien inférieur à faune bathyale semble naturelle et apporte une confirmation de plus au fait que ce massif correspondrait au centre du géosynclinal des chaînes du moyen Araxe et réunirait à la fois les séries les plus complètes, les lacunes les plus restreintes et les faciès les plus bathyaux.

PHYSIOLOGIE. — *Thyroïdectomie et immunité : allergie thyroïdienne.* Note de M. **Americo Garibaldi**, présentée par M. Charles Richet.

Nous avons cru pouvoir conclure au début de 1920 [1] à la suite de recherches expérimentales sur la formation de sensibilisatrices hémolytiques naturelles et d'immunisation, chez le chien et le lapin éthyroïdés, que l'insuffisance thyroïdienne était susceptible de stimuler les réactions antixéniques de l'organisme et cela contrairement aux conclusions des auteurs ayant étudié jusqu'alors la question. Les recherches postérieures (1921) de Houssay et Sordelli, de Mlle Clevers et de Coulaud (1922) ont mis en évidence des faits qui viennent à l'appui, partiellement au moins, de nos premières conclusions : sérums des animaux éthyroïdés plus riches en hémolysines, agglutinines et précipitines que ceux des témoins; hyperrésistance antituberculeuse des lapins à thyroïde lésée par les rayons X.

Ayant obtenu au cours d'expériences récentes [2] des résultats différents de ceux de 1920 (immunisation hémolytique des lapins éthyroïdés, moins marquée que celle des témoins) nous avons été conduits à étudier de plus

(1) *C. R. Soc. de Biol.*, janvier 1920, p. 15; mars 1920, p. 251.
(2) *Thèse de Médecine*, Paris, 1923, p. 64 (Bibliographie).

près les données numériques rapportées par les auteurs et à les comparer avec nos propres résultats : *la notion qui se dégage de cette étude est que l'insuffisance thyroïdienne peut créer de toutes pièces une sorte d'allergie spontanée*, tout à fait comparable dans ses manifestations générales à l'allergie des animaux tuberculeux : *les animaux éthyroïdés semblent présenter en effet une hypersensibilité marquée vis-à-vis des substances étrangères à leur milieu interne, tout en ayant acquis des capacités défensives remarquablement accrues. Ils sont en somme à la fois des animaux hypersensibles et hyperimmuns.* Suivant les caractéristiques des toxi-infections d'épreuve (doses, virulence, toxicité et état physique des antigènes, etc.) *les phénomènes d'hypersensibilité peuvent masquer les phénomènes d'immunité, être à leur tour masqués par eux, ou apparaître simultanément*, ce qui explique que suivant les conditions de l'expérience, l'allergie thyroïdienne peut se présenter sous les faces d'*hypersensibilité*, d'*hyperimmunité* et d'*iso-immunité*, modalités allergiques couramment observées au cours des réinfections tuberculeuses et que le premier nous avons signalées chez les animaux hypothyroïdiens (thèse citée).

Les trois aspects de l'allergie thyroïdienne nous semblent pouvoir être schématisés de la façon suivante :

1° *Face d'hypersensibilité* (toxi-infections fortes : grosses doses, antigènes solubles ou très toxiques) : *les phénomènes d'hypersensibilité masquent les phénomènes d'immunité.*

2° *Face d'hyperimmunité* (Toxi-infections légères; petites doses, antigènes figurés ou peu toxiques); *les phénomènes d'hypersensibilité sont masqués par des phénomènes d'immunité.*

3° *Face d'iso-immunité* (conditions expérimentales intermédiaires entre celles des deux cas ci-dessus); *véritable intrication des phénomènes d'hypersensibilité et d'immunité.*

Voici résumés quelques faits à l'appui de ces notions :

1° Nous avons montré expérimentalement (*loc. cit.* : 1920-1923) que les lapins éthyroïdés peuvent sécréter *plus* ou *moins* de sensibilisatrices hétérohémolytiques que les témoins, suivant que l'immunisation a été faite avec des *doses globulaires faibles ou fortes*. Nos résultats de 1920 ont été confirmés en 1921 par Houssay et Sordelli.

Moyenne de nos dosages :

	Doses globulaires totales employées pour l'immunisation.	
	9^{cm^3}.	50^{cm^3}.
Titre sérique des éthyroïdés	0,007	0,002
Titre sérique des témoins	0,012	0,0007

2° Nous croyons pouvoir rapprocher des faits ci-dessus les faits suivants et cela contrairement à l'opinion des auteurs les ayant rapportés et qui en ont proposé des interprétations tout autres :

a. Faits de M. Garnier : Résistance des lapins éthyroïdés inférieure, égale ou supérieure à celle des témoins, suivant que les doses de toxine diphtérique injectées ont été supérieures, égales ou inférieures à 0,025 de toxine.

b. Faits de Mlle Bernard : tuberculose bovine expérimentale du lapin. La diminution des doses bacillaires injectées (primo-inoculation) est suivie d'une augmentation des temps de survie plus marquée chez les animaux éthyroïdés que chez les témoins.

c. Faits de Coulaud : hyperrésistance antituberculeuse des lapins à thyroïde irradiée, contaminés avec des doses bacillaires moins fortes que celles employées par Mlle Bernard.

d. Faits d'Houssay et Sordelli et Mlle Clevers : hyperrésistance des lapins éthyroïdés évis-à-vis des antigènes figurés (bacille diphtérique), isorésistance des lapins et cobaye thyroïdés et témoins vis-à-vis des antigènes solubles et toxiques (toxines diphtériques, tétanique et venin de cobra); immunisérums hémolytiques, agglutinants et précipitants de titre plus élevé chez les éthyroïdés après immunisation contre antigènes figurés ou peu toxiques (globules hétérogènes, bacille d'Eberth, blanc d'œuf); immunisérums de titre plus élevé chez les témoins après immunisation contre antigènes solubles et toxiques (toxines diphtérique et tétanique).

L'insuffisance thyroïdienne semble donc pouvoir créer un état allergique indépendant de toute inoculation antérieure. *Cette allergie thyroïdienne ne peut être expliquée d'une manière satisfaisante que si l'on admet que l'hypothyroïdie peut provoquer un abaissement du seuil d'excitabilité antixénique des tissus jouant un rôle important dans les phénomènes d'immunisation:* une *excitation faible* (toxi-infection légère) provoquerait une *réaction de défensive marquée*, dont la face allergique d'hyperimmunité serait la traduction objective; une *excitation forte* provoquerait au contraire et comme toujours des *phénomènes d'inhibition ou de paralysie*, dont la face allergique d'hypo-immunité serait la conséquence; il est aisé enfin de concevoir entre ces deux termes extrêmes des *phénomènes intermédiaires* se traduisant par la face allergique d'iso-immunité.

PHARMACOLOGIE. — *Sur une nouvelle série d'hypnotiques, les aryldialcoylglycols.* Note de MM. **M. Tiffeneau** et **H. Dorlencourt**, présentée par M. Ch. Richet.

Nous avons décrit, en 1906 (¹), deux aryldialcoylglycols, le phénydiméthylglycol et le phényldiéthylglycol, dont nous avons reconnu, depuis, les

(¹) M. Tiffeneau et H. Dorlencourt, *Comptes rendus*, t. 143, 1906, p. 1242.

propriétés hypnotiques manifestes aussi bien chez l'homme que chez les divers animaux.

Nous avons été ainsi amenés à entreprendre, dans la série des aryldialcoylglycols, l'étude des variations du pouvoir hypnotique non seulement en fonction du nombre d'atomes de carbone, mais encore en fonction de la nature du radical arylé et de sa position par rapport aux groupes alcoylés.

Nous avions, tout d'abord, commencé cette étude sur le chien et la souris, mais la faible solubilité des homologues supérieurs nous a contraints à effectuer également ces recherches sur les poissons.

Chez le chien et la souris, nous avons déterminé la dose hypnotique (sommeil profond) après administration par les diverses voies : stomacale (chien), sous-cutanée (souris). Chez les poissons (épinoches) nous avons choisi comme test l'immobilité complète (c'est-à-dire persistant après excitation mécanique) des nageoires dorsales et caudale (la respiration et les réflexes étant conservés), et nous avons déterminé les dilutions qui produisent cette immobilité en un temps limité (5 à 8 minutes).

1° *Influence du nombre des atomes de carbone.* — Nous avons rassemblé dans le Tableau ci-dessous les résultats de nos recherches :

Arylglycols.	Nombre d'atomes de carbone.	Solubilité dans 100cm³ d'eau à 15°-20° (en milligr.).	Concentration produisant en 5 à 8 min. l'immobilité des poissons.	Doses hypnotiques (en centigr.) par kilo d'animal.	
				Souris : Voie sous-cutanée.	Chien : Voie stomacale.
Phénylglycol (¹)......	C^8	»	>1 : 1000	>100	»
Diméthylphénylglycol.	C^{10}	500	1 : 1000	40	35
Méthyléthylphénylgly.	C^{11}	400	1 : 2000	30	»
Diéthylphénylglycol ..	C^{12}	300	1 : 7500	35	22
Dipropylphénylgly. (²).	C^{14}	5	1 : 20000	»	35
Dibutylphénylgly. (²).	C^{16}	2	1 : 50000	»	»

On voit que chez les poissons (épinoches), le pouvoir hypnotique des arylglycols croît très régulièrement en fonction du nombre des atomes de carbone et en sens inverse des solubilités dans l'eau. Ainsi se vérifie, dans cette série, la règle de Ch. Richet (³), concernant les rapports entre la solubilité et les propriétés physiologiques des substances hypnotiques.

(¹) Nous ne disposions pas de quantités suffisantes de phénylglycol pour fixer exactement la concentration active pour les poissons et la dose hypnotique pour les souris. Les chiffres indiqués ci-dessus sont donc des valeurs minima.

(²) La faible solubilité de ces composés ne nous a pas permis de fixer la dose hypnotique pour la souris.

(³) Ch. Richet, *C. R. Soc. Biol.*, t. 45, 1893, p. 775.

On notera que les variations du pouvoir hypnotique sont très importantes, chaque terme est en effet deux ou trois fois plus actif que le précédent. Les plus grands écarts s'observent pour les termes en C^{10}, C^{11} et C^{12} qui ne diffèrent cependant que par un seul atome de carbone (au lieu de deux pour les termes supérieurs en C^{12} et C^{14}) et dont les variations de solubilité sont relativement faibles.

Chez le chien et la souris, le pouvoir hypnotique va en augmentant jusqu'aux termes en C^{11} et C^{12}, après quoi il tend à descendre; les variations sont peu importantes; la dose hypnotique oscille en effet entre des limites voisines : 20^{cg} à 40^{cg} chez le chien (voie buccale), 30^{cg} à 40^{cg} chez la souris (voie sous-cutanée).

2° *Influence de la fonction glycol.* — L'étude de quelques cétones alcools correspondants Ar — CHOH — CO — R nous a montré que chez ces composés d'ailleurs très peu solubles, les propriétés hypnotiques sont à peine marquées. Il en est de même pour les oxydes d'éthylène correspondants; l'oxyde de phényldiéthyléthylène, qui est très faiblement hypnotique, est surtout fortement convulsivant. Nous avons constaté qu'on peut, sans modifier qualitativement le pouvoir hypnotique, bloquer l'une des fonctions alcool à l'état d'éther acétique; l'acétate de phényldiéthylglycol fusible à 78° (¹) est presque aussi actif que le glycol générateur. Il est possible que dans ce cas la fonction éther soit facilement saponifiée.

La présence d'un atome de carbone asymétrique dans la fonction glycol nous a permis de tenter la préparation des phényldiéthylglycols actifs; nous ne sommes pas encore parvenus à préparer ces isomères à l'état de pureté, mais déjà nous avons constaté que chez la souris l'isomère gauche est deux fois plus hypnotique que l'isomère droit (le racémique est d'une activité intermédiaire). Par contre, chez les poissons, on n'observe pas de différences sensibles entre ces divers isomères.

3° *Influence du groupe arylé et de sa position par rapport aux deux radicaux alcoylés.* — Dans le phényldiéthylglycol, le remplacement du groupe phényle par un anisyle modifie peu le pouvoir hypnotique (²), qui est cependant légèrement diminué, aussi bien chez les poissons (1 : 5000 au lieu de 1 : 7500) que chez le chien (7^{cg} au lieu de 5^{cg} par kilogramme, en injection intraveineuse, pour produire le sommeil léger). Chez la souris les doses hypnotiques sont sensiblement les mêmes.

La position respective des radicaux substituants n'est pas indifférente. C'est ainsi que le phényl-3-hexanediol-3.4 C^2H^5 — CH OH — C(OH) (C^6H^5) C^2H^5 est beaucoup moins hypnotique que le phényldiéthylglycol C^6H^5 — CH OH — C(OH) $(C^2H^5)^2$.

Conclusions. — Les aryldialcoylglycols sont doués de propriétés hypnotiques manifestes aussi bien chez les mammifères (chien, souris) que chez les poissons (épinoches). Ces propriétés sont dues au groupement glycol et

---

(¹) Tiffeneau et Dorlencourt, *Ann. Chim. Phys.*, 8ᵉ série, t. 16, p. 237. L'éther acétique fusible à 78° est probablement un monoacétate.

(²) D'après les recherches de M. Pierre Nicolle, effectuées sous notre direction, le radical aromatique n'est pas absolument indispensable et peut être remplacé par des radicaux acycliques appropriés. Quant au radical benzyle, il est moins efficace; le benzyldiméthylglycol est beaucoup moins actif que le phényldiméthylglycol.

elles sont renforcées par la trisubstitution; elles varient, en de certaines limites, en fonction du nombre d'atomes de carbone, et elles sont conditionnées par la position relative des radicaux substituants.

BIOLOGIE. — *Sur l'anticinèse giratoire.*
Note de M. **Raphaël Dubois.**

Depuis fort longtemps déjà, j'ai appelé l'attention sur une réaction incitant les animaux à se déplacer en sens inverse d'un mouvement giratoire tendant à les entraîner. Par suite de considérations diverses, j'avais fait remarquer que les grandes migrations des peuples s'étant effectuées de l'est à l'ouest, c'est-à-dire en sens inverse du mouvement de rotation de la Terre, il pourrait y avoir une relation de causalité entre cette influence cosmique et les migrations biologiques des hommes, des animaux et même des végétaux, une influence de milieu comme celle qui provoque le géotropisme (1).

Depuis ma première publication sur ce sujet, je n'ai pas cessé de m'y intéresser et j'ai publié un certain nombre de résultats d'observations et d'expériences qui n'ont fait que confirmer l'exactitude de mon hypothèse première en la généralisant (2).

De mes expériences, j'ai pu tirer les lois suivantes :

1° Si la réaction l'emporte sur l'excitation giratoire, il y a progression à contre mouvement ou *anticinèse;*

2° Si la réaction est de même grandeur que l'action excitatrice, l'organisme reste immobile en *acinèse;*

(1) *Bull. Soc. philoth. du Maine*, 1881, p. 213.

(2) Raphaël Dubois, *Les origines naturelles de la guerre, influences cosmiques, théorie anticinétique. La paix par la science* (chez Georg, libraire-éditeur, Lyon, 1916). — *L'anticinèse rotatoire et les migrations des êtres vivants.* (*Ann. de la Société Linnéenne de Lyon*, t. 57, octobre 1915). — *Sur l'anticinèse rotatoire* (*C. R. Soc. Biol.*, décembre 1915, p. 617). — *Sur la Biocinèse* (*C. R. Soc. Biol.*, avril 1918, p. 401). *Les origines de la conflagration européenne* (*La Science et la Vie*, Paris, juillet 1916). — Etc.

J'ai donné au phénomène en question le nom d'*anticinèse giratoire ou rotatoire* (*anti*, contre, et *cinésis*, mouvement). J'ai montré qu'on pouvait le provoquer chez les Mammifères même en état de torpeur (Marmottes), chez les Oiseaux, Reptiles, Poissons, chez les Invertébrés, même chez l'Anguille décapitée, mais encore vivante, et aussi chez des végétaux, parce qu'il est partout réductible à une réaction due à une propriété générale de la substance vivante ou bioprotéon : l'irritabilité.

3° Si la réaction est moins forte que l'excitation giratoire, il y a progression dans le sens de la rotation ou *homocinèse ;*

4° Toutes les causes qui diminuent ou suppriment l'irritabilité (fatigue, alcools, anesthésiques, stupéfiants, froid) diminuent en supprimant la réaction anticinétique.

5° L'inertie n'intervient pas dans l'accomplissement du phénomène chez les animaux immergés, car l'organisme mort ne se comporte plus comme lorsqu'il était vivant.

Plusieurs savants ayant admis que les fluctuations périodiques des courants telluriques magnétiques et électriques sont dans un certain rapport avec diverses manifestations biologiques collectives telles que les guerres, j'ai cherché si l'électricité et le magnétisme ont également une influence sur la *cinèse giratoire*.

L'appareil dont je me suis servi se compose d'un grand cristallisoir de verre au centre duquel s'en trouve un de plus faible diamètre, posé dans le premier de façon à limiter une piste circulaire remplie d'eau dans laquelle peuvent se déplacer les organismes en expérience. Le tout est placé sur un plateau auquel on peut imprimer un mouvement de rotation à l'aide d'une roue à manette ou d'une poulie à gorges mue par un moteur électrique ou autre.

Pour étudier l'action des courants, la piste est interrompue en un point par une cloison isolante, de part et d'autre de laquelle se trouvent les électrodes pouvant entre elles établir un courant dans la piste courbe. Ce courant est amené par les électrodes plongeant dans des cuvettes et disposés de façon à ne pas être entraînés par le mouvement de rotation de l'appareil. Un commutateur permet d'interrompre ou d'inverser le courant électrique fourni par des accumulateurs.

Grâce au dispositif indiqué ci-dessus, j'ai pu faire les constatations préliminaires que l'on peut résumer ainsi :

1° L'appareil étant immobile, le courant électrique, convenablement gradué suivant l'irritabilité du sujet en expérience, produit les mêmes effets que la cinèse giratoire et ceux-ci peuvent s'ajouter algébriquement, quand le système est entraîné dans un mouvement de rotation approprié. Il en résulte que l'anticinèse peut être augmentée, annulée ou inversée par un courant électrique.

Il n'est donc pas impossible que les courants telluriques exercent une influence — et une influence comme eux périodique — sur l'anticinèse giratoire terrestre, laquelle autrement, s'exerçant d'une manière régulière,

continue, invariable pourrait devenir insensible pour nous et passer inaperçue faute de manifestations accidentelles, comme celles, par exemple, que produisent les taches du Soleil sur les grands courants telluriques.

Les essais variés que j'ai faits pour mettre en évidence l'action du magnétisme sur l'anticinèse giratoire expérimentale ont échoué, jusqu'à présent, peut-être en raison seulement de l'insuffisance des électro-aimants dont je pouvais disposer.

ENTOMOLOGIE. — *Sur le mimétisme des Sauterelles Ptérochrozées.* Note de M. **P. Vignon**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Les Ptérochrozées doivent leur mimétisme foliaire, unique bien qu'inégal, à l'emploi des moyens que voici :

I. L'élytre fait de sa veine médiane un axe de feuille, lui subordonnant les autres veines et créant ainsi de belles cellules latérales. Comme la radiale se cache sous la médiane jusqu'à ce qu'elle tourne dans le champ antérieur, l'axe est simple. Sans doute, la cubitale se branche sur l'anale et non sur l'axe, ce qui n'est pas foliaire : mais elle efface habituellement cette origine. Si, dans le champ arrière, des portions de veines sont trop parallèles à l'axe, s'il arrive au champ avant de faire la bosse pour mieux couvrir l'abdomen, si le G. *Cycloptera* (abstraction faite du génotype, perdu) n'est guère plus feuille qu'une sauterelle verte, ces accrocs à l'homotypie n'ont pas de conséquence fâcheuse pour l'espèce.

II. L'élytre n'a l'avant étroit et rectiligne que dans le G. *Pterochroza* (1). En raison d'un certain relèvement de l'aile du vol, au repos, le bord antérieur de l'élytre s'enfle d'ordinaire chez les *Typophyllum*, *Mimetica*, *Chlorophylla*, *Cycloptera*. Un autre groupe mène, avec les *Celidophylla*, *Rhodopteryx*, *Anommata* n. gen., aux belles *Tanusia*, dont dérivent *Pseudotanusia* n. gen., *Porphyromma*, *Tanusiella :* cette fois, abdomen dépassé, l'élytre se creuse à l'avant d'un sinus qui prend normalement le bord rongé avec des parties membraneuses entre les nervures coiffées de brun. Au plus haut de ce groupe, le mimétisme raffine encore : l'apex de l'aile, lobé, peint comme l'élytre, fait saillie sur cet élytre, au repos, et la conca-

(1) Voy. *Bull. Muséum Hist. nat.*, 1923, p. 523. — Nous retrouvons maintenant, à l'aile, la branche nommée « secteur de la radiale ».

vité du lobe, d'aspect rongé aussi, achève la courbe creuse du sinus. — Cf. le Mécopodiné *Acridoxena hewaniana*.

L'élytre a deux autres occasions de s'échancrer. D'une part, le champ arrière peut faire finir dans un léger golfe les deux veines qui forment là cellule mimétique T, ou l'une d'elles : les veines suivantes pouvant continuer la chose, en plus faible. Ces courbes sont parfois insignifiantes, elles manquent souvent de caractère, mais ailleurs elles s'accentuent; nos diverses *Pterochroza* sinuées, *Tanusia rubroocellata* n. sp., mettent là des parties membraneuses. (Un spécimen très jeune de notre *P. nimia* échancre déjà son élytre long de 1^{cm}.) D'autre part, les mâles des *Typophyllum* et des *Mimetica* feignent qu'un insecte ait rongé la courbe antérieure descendante de l'élytre : celle qui n'a plus l'abdomen à couvrir. Les nervures, coriaces, pointent longuement parfois; mais inversement nous voyons des *Mimetica* figurer les tout premiers états de l'incision. *Catasparata* combine cette échancrure antérieure avec la saillie du lobe alaire aigu qui le distingue des *Typophyllum*.

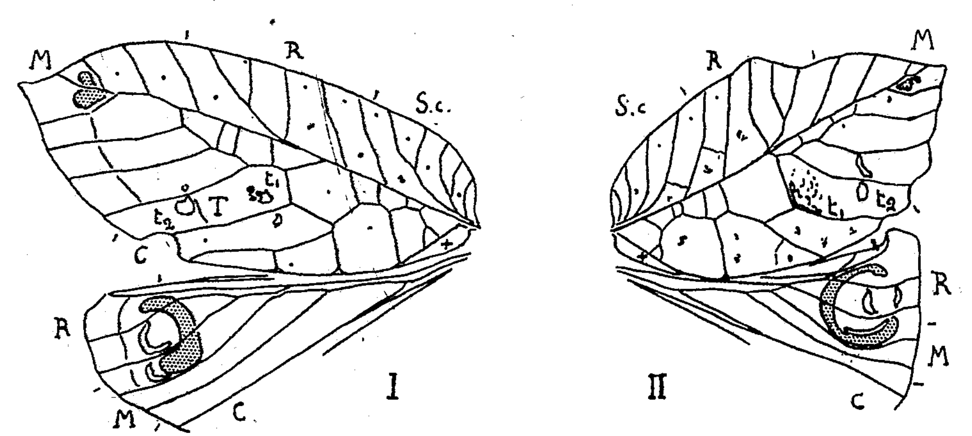


Fig. I et II. — I. *Pterochroza uniexcisa* n. sp. — II. *Tanusia rubroocellata* n. sp. Monotypes ♀ au musée de Vienne. Aires de la sous-costale S. c. de la radiale R, de la médiane M, de la cubitale C; T, cellule spécialement mimétique, dans ses parties proximale et distale les points t_1 et t_2; +, branchement de la cubitale sur l'anale.

III. L'élytre se peint en feuille verte, jaunie, pourprée, toute morte, ou bien tachée de brun, partiellement épuisée, dévorée, moisie. *Pterochroza nimia* mihi accumule les pseudo-maladies foliaires, y compris des taches noires qu'elle met aussi sur le prothorax et le front (déjà chez notre jeune). Notre *P. carbonescens*, qui noircit tout l'élytre, sulfure tête et thorax. La peinture ventrale, parfois or et carmin, des *Pseudotanusia*, les appuis fauves

ou bruns des *Tanusia*, la laque rouge des *Pterochroza*, chauffent et nuancent la face visible.

Des points intracellulaires (ancestraux) servent de prétextes à d'autres simulations cryptogamiques. Ils s'entourent d'aires, ou seulement encore appauvries, ou diversement rongées, ou caséeuses et rouillées (*Chlorophylla*, variétés). Le point peut se muer en de fines fructifications noires, avec ou sans aire rongée; il peut être menu cercle de pseudo-champignon *Myocophron* ou plaque complexe importante (*Mimetica marmorata*). — t_1 et t_2 jouent un rôle spécial : avec des caractères génériques, t_1 peut figurer divers stades de la constitution d'une fenêtre, ou miroir, que t_2 montre alors, soit achevée, soit granuleuse, mais sertie d'un bord soi-disant subérifié et protecteur. Nous avons d'ailleurs vu naître t_2 chez des *Typophyllum* et des *Mimetica;* chez *Tanusia*, nous avons suivi t_1 à partir de simples tons un peu pâles, ou brunis au contraire. Les *Chlorophylla* à taches caséeuses détruisent, pour réaliser le miroir t_2, cette substance, dont elles gardent pourtant des vestiges contre le bord rouillé. — t_1 et t_2 peuvent avoir chacun leur satellite dans la cellule voisine : les *Tanusia* n'ont que celui de t_2; elles nous en montrent le développement complet, minutieux. Chez les *Pseudotanusia*, le système de t_1 et t_2 peut proliférer, gagner (*Ps. pallida* n. sp.), et envahir enfin la région moyenne arrière de l'élytre (*Ps. picturata*).

IV. Chez trois individus, une *Pseudotanusia*, deux *Tanusia* différentes, nous voyons par places une peinture blanche, fine, plâtreuse, empâtant les nervures rencontrées : c'est inachevé chez deux des trois, et cela fait penser aux crottes d'oiseaux.

Ainsi, dans la végétation persistante de l'Amérique tropicale, les Ptérochrozées figurent spécifiquement tous les modes et tous les stades de simulations foliaires bien superflues : battant Phyllies et Kallimas.

ZOOLOGIE. — *Sur les particularités du bassin du Rhône quant à sa faune ichthyologique.* Note de M. **Louis Roule**, présentée par M. L. Joubin.

J'ai eu récemment l'occasion d'examiner et de décrire (*Bulletin du Muséum national d'Histoire naturelle*, avril 1923) un exemplaire de forte taille de la Truite que l'on pêche dans le Rhône et ses principaux affluents. Cette Truite, en raison de ses dimensions, de ses teintes claires, de ses habitudes, a été considérée parfois comme se rapportant plutôt au Saumon (*Salmo*

salar L.). Elle est en réalité une véritable Truite (*Salmo trutta* L.), et représente dans l'espèce un faciès directement apparenté à celui de la Truite lacustre du Léman.

Cette constatation corrobore mon opinion antérieure (1920-1921) relative à l'absence du Saumon dans le bassin Rhodanien, et concourt à démontrer sa véracité.

Si cette privation d'un Salmonide migrateur ne met point le Rhône à l'écart des autres fleuves tributaires de la Méditerranée, qui en sont privés comme lui, en revanche elle le différencie nettement des autres grands fleuves de notre pays, sur le versant atlantique, périodiquement visités par le Saumon. Il en résulte pour le Rhône une particularité négative, d'autant plus importante, qu'elle se surajoute à d'autres particularités positives tenant à la présenee dans son bassin, en sus des formes communes de la faune ichthyologique européenne, d'un certain nombre d'espèces de poissons que les autres régions de la France ne possèdent pas.

Ces espèces appartiennent à des genres rangés dans plusieurs familles distinctes. Deux d'entre eux, *Salvelinus* et *Coregonus*, font partie de la famille des Salmonidés. Les deux espèces européennes du genre *Salvelinus* sont *S. salvelinus* L. des bassins Alpins, celui du Rhône compris, et *S. Hucho* L. du bassin du Danube. Quant au genre *Coregonus*, dont les nombreuses formes habitent les nappes lacustres de l'Europe centrale, quatre d'entre elles se trouvent dans les lacs qui dépendent de la tête du bassin Rhodanien, *C. fera* Jur. (Fera) et *C. hiemalis* Jur. (Gravenche) dans le lac Leman, *C. lavaretus* L. (Lavaret) et *C. bezola* Fat. (Bezoule) dans le lac du Bourget.

Les familles des Percidés et des Cyprinidés sont également mises en cause, la première avec le genre *Aspro*, la seconde avec le sous-genre *Telestes* dans le genre *Squalius*. Les eaux douces européennes contiennent trois espèces du genre *Aspro;* deux d'entre elles, *Astro zingel* L. et *Aspro streber* Sieb., habitent l'Europe centrale, et principalement le bassin du Danube; la troisième, *Aspro aspro* L., type du genre, vit dans le bassin du Rhône. Quant au genre *Telestes*, son unique espèce, *Telestes soufia* Risso (*Telestes Agassizi* Val.), commune dans l'Europe centrale et méridionale, possède dans le bassin du Rhône l'extrême limite occidentale de son aire d'habitat.

La conclusion en est que le bassin du Rhône se spécialise nettement, quant à sa faune ichthyologique, parmi les bassins hydrographiques français. Ses principales affinités en ce sens se tournent du côté de l'Europe centrale, surtout vers le bassin du Danube, bien que cette relation ne semble guère s'accorder avec l'orographie actuelle, où les deux réseaux fluviaux sont séparés l'un de l'autre par le massif alpin central avec son altitude considérable, tandis que le bassin Rhodanien, prolongé par celui de la Saône, se

juxtapose étroitement à ceux de la Loire et de la Seine, les lignes de partage des eaux à faible hauteur.

L'explication du fait doit être demandée, sans doute, à la paléontologie et à l'orogénie, conformément aux vues que j'ai déjà exposées (1904) sur la faune ichthyologique du bassin de la Garonne. La plupart des groupements génériques de nos Poissons d'eau douce se sont établis au début du Tertiaire. A cette époque, le massif alpin n'existait pas, tandis que le massif cévenol, prolongé vers le Nord, émergé, formait barrière séparant les eaux douces de la future région rhodanienne de celles qui se trouvaient plus à l'Ouest. Les premières, par contre, s'unissaient à celles de ce qui constituait alors l'Europe centrale et participaient à leur manière d'être. Plus tard, le soulèvement alpin a rompu cette union, et donné au bassin du Rhône son individualité présente, que les mouvements orogéniques ultérieurs, l'extension et le retrait de la mer miocène, la liaison avec la Saône, le creusement progressif de la vallée, n'ont point modifiée. Ainsi l'état ichthyologique actuel de ce bassin, avec ses dispositions mixtes, peut-il être considéré comme procédant d'un état plus ancien, dont certaines particularités ont été conservées.

A $15^h 50^m$, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h 20^m$.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 14 MAI 1923.

PRÉSIDENCE DE M. ALBIN HALLER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les systèmes triples orthogonaux de M. Bianchi. Application à un problème sur les polaires réciproques par rapport à une sphère.* Note de M. C. **Guichard**.

M. Bianchi a fait connaître [1] une classe remarquable de systèmes triples orthogonaux; ces systèmes sont tels qu'une famille de surfaces de Lamé (je supposerai que la propriété appartient aux surfaces $u_1 =$ const.) est formée de surfaces à courbure totale constante. Tous ces systèmes et tous ceux qui en dérivent par une transformation de Combescure sont caractérisés par la propriété suivante : *Ils sont associés à un système* O *situé dans un espace d'ordre* 4, *les fonctions d'associations* U_2 et U_3 *étant réduites à des constantes égales*. C'est le sixième cas indiqué page 66 dans mon Mémoire de la *Collection Scientia*.

Soit alors $M(x_1, x_2, x_3)$ un point qui décrit un tel système; je désigne par T_1, T_2, T_3 les tangentes au système placées dans leur ordre naturel; par A et B les deuxième et troisième foyers de T_1; par D et E les premiers foyers de T_2 et T_3. La droite DE est la première droite focale du plan T_2, T_3; MA et MB sont les rayons de courbure de la surface $u_1 =$ const.

Je désignerai par $M'(y_1, y_2, y_3, y_4)$ le point qui décrit un réseau O associé dans un espace d'ordre 4. On aura

$$(1)\qquad \begin{cases} \varepsilon\, dx^2 = h_1^2\, du_1^2 + h_2^2\, du_2^2 + h_3^2\, du_3^2, \\ \varepsilon\, dy^2 = h_1^2\, U_1^2\, du_1^2 + h_2^2 \mu^2\, du_2^2 + h_3^3 \mu^2\, du_3^2. \end{cases}$$

---

(1) *Annali di Mathematica*, t. 13 et 14.

U_1 étant une fonction de u_1 seul et μ une constante. Je désigne par β_{ik} les rotations du système M et par aU_1, $b\mu$, $c\mu$, β'_{ik} celles du système M'. La comparaison entre les fonctions de Lamé des deux systèmes donne

$$(2)\quad \begin{cases} \beta'_{12} = \dfrac{\mu}{U_1}\beta_{12}, & \beta'_{21} = \dfrac{U_1}{\mu}\beta_{21}, & \beta'_{23} = \beta_{23}, \\ \beta'_{13} = \dfrac{\mu}{U_1}\beta_{13}, & \beta'_{31} = \dfrac{U_1}{\mu}\beta_{31}, & \beta'_{32} = \beta_{32}. \end{cases}$$

Cela posé, en prenant les équations (24) et (33) de mon Mémoire de la *Collection Scientia*, pages 32 et 36, on a, avec les notations admises,

$$(3)\quad \begin{cases} \dfrac{\partial \beta_{23}}{\partial u_2} + \dfrac{\partial \beta_{32}}{\partial u_3} + \beta_{12}\beta_{13} = 0, \\ \dfrac{\partial \beta_{23}}{\partial u_2} + \dfrac{\partial \beta_{32}}{\partial u_3} + \dfrac{\mu^2}{U_1^2}\beta_{12}\beta_{13} + \mu^2 bc = 0. \end{cases}$$

De ces deux équations on déduit

$$\left(\frac{1}{U_1^2} - \frac{1}{\mu^2}\right)\beta_{12}\beta_{13} + bc = 0.$$

Je pose

$$(4)\quad \frac{1}{U_1^2} - \frac{1}{\mu^2} = \frac{1}{U^2}.$$

Cette fonction U de la variable u_1 intervient seule dans les équations finales. Il en résulte qu'il y a une infinité de systèmes M' associés à un même système M, puisqu'on peut augmenter $\frac{1}{U_1^2}$ et $\frac{1}{\mu^2}$ d'une même constante. On a donc l'équation

$$(5)\quad \frac{1}{U^2}\beta_{12}\beta_{13} + bc = 0.$$

En multipliant cette équation par β_{32}, puis par β_{23}, on en déduit

$$(6)\quad \frac{\partial}{\partial u_3}\left[\frac{1}{U^2}\beta_{12}^2 + b^2\right] = 0, \qquad \frac{\partial}{\partial u_2}\left[\frac{1}{U^2}\beta_{13}^2 + c^2\right] = 0.$$

Les deux autres systèmes d'équations analogues aux équations (3) donnent

$$(7)\quad \frac{\partial}{\partial u_1}\left[\frac{1}{U^2}\beta_{12}^2 + b^2\right] = 0, \qquad \frac{\partial}{\partial u_1}\left[\frac{1}{U^2}\beta_{13}^2 + c^2\right] = 0.$$

On voit que par un choix convenable des variables u_2 et u_3 on peut poser

$$(8)\quad \frac{1}{U^2}\beta_{12}^2 + b^2 = 1, \qquad \frac{1}{U^2}\beta_{13}^2 + c^2 = 1,$$

Les équations (5) et (8) permettent de poser

$$(9)\qquad \begin{cases} b = \cos\varphi, & \beta_{12} = \quad \mathrm{U}\sin\varphi, \\ c = \sin\varphi, & \beta_{13} = -\mathrm{U}\cos\varphi, \end{cases}$$

d'où l'on déduit

$$(10)\qquad \begin{cases} a = -\dfrac{1}{\mathrm{U}}\dfrac{\partial\varphi}{\partial u_1}, & \beta_{32} = -\dfrac{\partial\varphi}{\partial u_3}, \quad \beta_{31} = -\dfrac{1}{\mathrm{U}\sin\varphi}\dfrac{\partial^2\varphi}{\partial u_1\,\partial u_3}, \\ & \beta_{23} = \quad \dfrac{\partial\varphi}{\partial u_2}, \quad \beta_{21} = -\dfrac{1}{\mathrm{U}\cos\varphi}\dfrac{\partial^2\varphi}{\partial u_1\,\partial u_2}. \end{cases}$$

Si l'on écrit maintenant les équations qui existent entre les rotations, on trouve que la fonction φ doit satisfaire à quatre équations aux dérivées partielles. Ce système a été discuté par M. Bianchi dans le Mémoire cité.

On obtiendra les surfaces de M. Bianchi en prenant pour h_1, h_2, h_3 les valeurs a, b, c. On a, en effet,

$$\mathrm{MA} = -\frac{h_2}{\beta_{12}} = -\frac{1}{\mathrm{U}}\frac{\cos\varphi}{\sin\varphi},$$

$$\mathrm{MB} = -\frac{h_3}{\beta_{13}} = +\frac{1}{\mathrm{U}}\frac{\sin\varphi}{\cos\varphi}.$$

Dans ce cas, toute surface $u_1 = \text{const.}$ du système M est applicable sur une surface M′ située sur une sphère de rayon $\frac{1}{\mu}$ dans un espace d'ordre quatre.

Voici maintenant quelques propriétés de ces systèmes. Le plan MDE décrit un système 5R. Il y a dans ce plan une infinité de cercles qui décrivent des systèmes Ω (1). Dans le cas où $h_1 = a$, $h_2 = b$, $h_3 = c$, les cercles du centre M et de rayon constant décrivent des systèmes Ω.

Puisque le plan MDE décrit un système 5R, la première tangente MAB qui lui correspond par orthogonalité décrira un système C, ce qu'on vérifie facilement avec les valeurs de β_{12} et de β_{13}. Cette propriété *caractérise* les systèmes étudiés.

Si la fonction U_1 se réduit à une constante ω nécessairement distincte de μ, la fonction U se réduit à une constante; si l'on suppose toujours $h_1 = a$, $h_2 = b$, $h_3 = c$, les surfaces $u_1 = \text{const.}$ ont toutes la même courbure, on se trouve dans le cas des systèmes triples de Weingarten.

Si U_1 est constant, *la droite* DE *décrit un système* 3I. Cette propriété *caractérise* ces systèmes. Il résulte de là qu'il existe sur DE deux séries de

(1) Voir ma Note du 23 avril.

points P, P′ qui décrivent des systèmes O. La première tangente de P est une droite L située dans le plan MDE. Réciproquement, si une droite L est assemblée au plan MDE et si le premier foyer de L décrit un système O, la droite DE décrit un système 3I; en effet, le premier foyer de L est sur DE; DE est donc assemblé à un système O et par conséquent décrit un système 3I.

Je vais appliquer ces résultats à la solution du problème suivant :

Déterminer deux systèmes triples orthogonaux correspondants, tels, qu'aux points correspondants les premières tangentes à ces systèmes soient polaires réciproques par rapport à une sphère.

Par le centre O de la sphère je mène trois droites Ot_1, Ot_2, Ot_3 parallèles aux tangentes T_1, T_2, T_3 d'un système triple de Weingarten.

Il y aura une droite l parallèle à L qui décrit un système assemblé au plan Ot_2t_3. Le premier foyer de l décrit un système O. Soit λ la polaire réciproque de l par rapport à la sphère : la droite λ est parallèle à T_3; son premier foyer décrit donc un système O. On a donc bien ainsi une solution du problème posé. On voit facilement qu'on obtient toutes les solutions par cette méthode.

HYDRAULIQUE. — *Au sujet des coups de bélier dans les conduites de refoulement.* Note [1] de M. DE SPARRE.

La propagation de la vitesse et de la pression dans une conduite de refoulement suit la même loi que pour une conduite d'alimentation, sauf que le sens de la vitesse se trouve changé.

Par suite, si l'on désigne par a la vitesse de propagation pour une conduite de longueur l, supposée partout semblable à elle-même [2], et si l'on pose $\theta = \frac{2l}{a}$, on aura, pour le coup de bélier ξ_n et pour la vitesse v'_n à la base de la conduite à un instant quelconque de la $n^{\text{ième}}$ période de durée θ,

$$\xi_n = F(t) - F(t-\theta), \tag{1}$$

$$v'_n = v_0 + \frac{g}{a}[F(t) + F(t-\theta)], \tag{2}$$

(1) Séance du 7 mai 1923.

(2) Dans le cas d'une conduite à caractéristique variable, on remplacera la vitesse de propagation a par une valeur moyenne, comme on le fait pour une conduite d'alimentation.

v_0 étant la vitesse de régime à l'instant initial. Formules dans lesquelles $F(t)$ est nul pour $t < 0$.

Mais, en tenant compte de (1), l'équation (2) peut s'écrire

$$\frac{a}{g}(v'_n - v_0) = F(t) - F(t-\theta) + 2\{F(t-\theta) - F(t-2\theta) + \ldots + F[t-(n-1)\theta]\}$$

ou, si l'on pose

$$b_{n-1} = \xi_{n-1} + \xi_{n-2} + \ldots + \xi_1,$$

(3)
$$\xi_n = \frac{a(v'_n - v_0)}{g} - 2b_{n-1}.$$

Nous allons appliquer cette formule au cas où le refoulement est arrêté pendant la première période, la conduite de refoulement étant fermée à la base, de sorte que, pour toute valeur de n, on a, en fin de période, $v'_n = 0$. La formule (3) donne alors pour la fin de la première période

$$\xi_1 = -\frac{av_0}{g}.$$

Mais la pression ne pouvant être négative, si l'on prend la pression atmosphérique égale à 10^{m} d'eau, on devra distinguer deux cas :

1°
$$\frac{av_0}{g} < H + 10.$$

Dans ce cas, on a bien effectivement à la fin de la première période

$$\xi_1 = -\frac{av_0}{g}$$

et, par application successive de la formule (3), on verra que le coup de bélier variera à la fin des périodes successives de $-\frac{av_0}{g}$ à $+\frac{av_0}{g}$.

2°
$$\frac{av_0}{g} > H + 10.$$

Dans ce cas, on aura à la fin de la première période

$$\xi_1 = -(H+10)$$

et, par application successive de la formule (3), on verra que le coup de bélier variera à la fin des périodes successives

$$\text{de} \quad 2(H+10) - \frac{av_0}{g} \quad \text{à} \quad \frac{av_0}{g} - 2(H+10).$$

Si l'on suppose par exemple une conduite où la vitesse de régime de refou-

lement soit $2^m,50$, la vitesse de propagation $a = 100g$ et la hauteur de refoulement $H = 150^m$, on trouverait pour le coup de bélier à la fin de la première période

$$\xi_1 = -160^m$$

et le coup de bélier varierait ensuite de $+70^m$ à -70^m.

Supposons maintenant des conditions quelconques de refoulement et désignons par v_n ce que serait la vitesse de l'eau dans la conduite pendant la $n^{ième}$ période s'il n'y avait pas de coup de bélier.

Si le couple moteur des pompes, ainsi que leur rendement varie dans de faibles limites, on pourra admettre que l'on a (¹)

$$(4) \qquad v'_n(H + \xi_n) = v_n H.$$

En portant alors cette valeur de v'_n dans (3) et posant

$$(5) \qquad x_n = \frac{\xi_n}{H}, \qquad R_n = \frac{a v_n}{g H}, \qquad C_{n-1} = \frac{b_{n-1}}{H} = x_1 + x_2 + \ldots + x_{n-1},$$

on aura

$$(6) \qquad x_n^2 + (1 + R_0 + 2C_{n-1})x_n + R_0 + 2C_{n-1} - R_n = 0,$$

équation du second degré qui fera connaître de proche en proche x_n et, par suite, ξ_n.

On peut arriver, toutefois, en supposant

$$-\frac{1}{2} \leq x_n \leq 1,$$

à une formule plus simple qui donne une approximation suffisante.

Considérons l'expression

$$z = \frac{1}{1+x} - 1 + \alpha^2 x,$$

où nous supposons

$$0 \leq x \leq 1,$$

on verra que, si l'on prend $\alpha = \frac{3}{4}$, on a

$$|z| \leq \frac{1}{16}.$$

De même, si nous considérons l'expression

$$y = \frac{1}{1-x} - 1 - \beta^2 x,$$

(¹) Tout au moins si nous supposons $-\frac{H}{2} < \xi_n < H$.

où nous supposons

$$0 < x < \frac{1}{2}.$$

On verra que, si l'on prend $\beta = \frac{4}{3}$, on aura

$$|y| \leqq \frac{1}{9},$$

et il résulte de là que, en supposant

$$-\frac{1}{2} \leqq x_n \leqq 1,$$

on pourra [1] remplacer l'équation

$$v'_n = \frac{v_n}{1 + x_n}$$

par la suivante :

$$(7) \qquad v'_n = v_n(1 - m x_n),$$

où, si $0 \leqq x_n \leqq 1$, on a

$$m = \frac{9}{16},$$

et, si $-\frac{1}{2} \leqq x_n \leqq 0$, on a

$$m = \frac{16}{9}.$$

On déduira alors des équations (3) et (7), en tenant compte des relations (5),

$$(8) \qquad x_n = \frac{R_n - R_0 - 2C_{n-1}}{1 + m R_n};$$

c'est la formule que nous avions en vue [2] et qui permet de calculer très simplement de proche en proche x_n et par suite ξ_n. Si nous supposons par exemple

$$v_1 = 2,5, \quad a = 100g, \quad H = 150, \quad v_n = v_1, \quad v_0 = 0,$$

nous trouverons par les formules (6) et (5)

$$x_1 = 0,8844, \quad \xi_1 = 132,7 \quad x_2 = -0,0374, \quad \xi_2 = -5,1,$$
$$x_3 = -0,0102, \quad \zeta_3 = -1,5,$$

---

(1) Avec une approximation suffisante pour le résultat à obtenir.

(2) Dans cette formule, on doit prendre $m = \frac{9}{16}$ si $R_n > R_0 + 2C_{n-1}$ et $m = \frac{16}{9}$ si $R_n < R_0 + 2C_{n-1}$.

et par la formule (8)

$$x_1 = 0,8602, \quad \xi_1 = 129,0; \quad x_2 = -0,0136, \quad \xi_2 = -2,0,$$
$$x_3 = -0,0067, \quad \xi_3 = -1,0.$$

Si l'on supposait ensuite, avec les mêmes valeurs de a et H,

$$\rho_1 = 1,25, \quad \rho_2 = 2,50 = \rho_3 \ldots,$$

on trouverait par les formules (6) et (5)

$$x_1 = 0,5408, \quad \xi_1 = 81,1, \quad x_2 = 0,2508, \quad \xi_2 = 37,6, \quad x_3 = 0,0161, \quad \xi_3 = 2,4$$

et par la formule (8)

$$x_1 = 0,5674, \quad \xi_1 = 85,1, \quad x_2 = 0,2745, \quad \xi_2 = 41,2,$$
$$x_3 = -0,0034, \quad \xi_3 = -0,6.$$

On voit que si les différences ne sont pas absolument négligeables, le degré d'approximation est cependant suffisant pour le but à obtenir, étant surtout donné que la relation (4) qui sert de point de départ n'est elle-même qu'approchée.

M. Charles Richet présente un livre intitulé : *Le savant* (Hachette, Paris, 1923) :

« Ce petit livre est le premier volume d'une collection qui va paraître à la librairie Hachette, intitulée : *Les caractères de ce temps*. J'espère que mes savants et respectés Confrères ne seront pas offensés par quelques-unes de mes appréciations sur le caractère des savants. J'espère qu'ils feront plus attention aux éloges qu'aux critiques. Et, pour qu'il n'y ait pas de méprise, je me permettrai de citer une des phrases qui répond le mieux à ma pensée :

« Tout compte fait, les savants représentent ce qu'il y a de plus noble dans l'espèce humaine .... Ils ne sont pas des dieux, et il y a des trous à la cuirasse ..., mais ils sont sans haine et sans avidité. Ils aiment le beau, le juste, le vrai. Ils savent que peut-être, grâce à eux, quelque lueur apparaîtra sur les crêtes de l'Océan ténébreux dans lequel l'humanité se débat, ahurie. Et tous les savants ont ce magnifique espoir, pour les soutenir en leur dur labeur, qu'ils seront utiles à leurs frères humains. »

M. Charles Richet présente le fascicule 29 du *Dictionnaire de Physiologie* (Alcan-Lisbonne, Paris, 1923; grand in-8°; 2e fascicule du Tome X) :

« Après une longue intermittence j'ai pu faire enfin paraître cette suite de mon Dictionnaire de Physiologie. Je signalerai dans ce fascicule qui va, au point de vue alphabétique, de LUMIÈRE à MANGANÈSE, l'article de M. Raphaël Dubois sur la Lumière. Il s'agit là d'une monographie plus détaillée et plus complète que tout ce qui a paru jusqu'ici sur la Photogenèse en Zoologie et en Botanique. »

CORRESPONDANCE.

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Travaux de la station biologique de Roscoff*, publiés par CH. PÉREZ. Fasc. 1. G. TEISSIER : Recherches sur *Dynamena pumila* (L.), fragments d'une Monographie zoologique. (Présenté par M. F. Mesnil.)

2° Le Tome I des *Annales de l'Institut de Physique du globe de l'Université de Paris et du Bureau central du Magnétisme terrestre*, publiées par CH. MAURAIN. (Présenté par M. Daniel Berthelot.)

3° Divers ouvrages de Sir ROBERT A. HADFIELD : *Corrosion of ferrous metals; Advances in the Metallurgy of Iron and Steel and their influence upon modern engineering; The work and position of the metallurgical chemist, also references to Sheffield and its place in metallurgy*, et des volumes relatifs aux distinctions accordées par plusieurs Sociétés. (Présenté par M. H. Le Chatelier.)

4° Ministère des Régions libérées. *Reconstitution foncière et cadastre. Rapport sur les expériences de levés de plans aux grandes échelles avec emploi de la photographie aérienne exécutées en* 1921 *et* 1922 *sur le territoire de Vignemont* (Oise) *sous la direction de M.* ROUSSILHE. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

ALGÈBRE. — *Sur un théorème d'algèbre.* Note de M. **J.-L. WALSH**, présentée par M. Hadamard.

M. Landau a démontré que l'équation trinome

$$1 + x + ax^m = 0 \qquad (m > 1)$$

a toujours une racine dont le module ne dépasse pas 2 et que l'équation quadrinome

$$1 + x + ax^m + bx^n = 0 \qquad (n > m > 1)$$

a toujours une racine dont le module ne dépasse pas un nombre inférieur à 6. Il a posé la question de savoir si l'équation à $k+2$ termes

$$1 + x + a_1 x^{m_1} + a_2 x^{m_2} + \ldots + a_k x^{m_k} = 0$$
$$(1 < m_1 < m_2 < \ldots < m_k)$$

a toujours une racine dont le module est limité supérieurement par un nombre $\varphi(k)$ ne dépendant que du nombre des termes de l'équation (¹).

M. Montel a énoncé le théorème suivant :

Une équation à $k+2$ termes dont les deux termes de moindre degré sont 1 *et x^p a toujours p racines dont le module ne dépasse pas un nombre fixe $\varphi(p, k)$, ne dépendant que de p et de k* (²).

Je veux ici indiquer un théorème un peu plus général :

Une équation à $k+2$ termes dont les deux termes de moindre degré sont 1 *et x^p a toujours p racines dont le module ne dépasse pas un nombre fixe $\mu(k)$ ne dépendant que de k.*

Ce résultat peut se démontrer par une méthode presque identique à celle que M. Landau a employée (*loc. cit.*). Prenons, par exemple, $k = 2$; notre équation sera

$$(1) \qquad 1 + x^p + a x^q + b x^s = 0 \qquad (p < q < s).$$

L'équation (1) a s racines en valeur absolue inférieure à r_1, si nous avons

$$(2) \qquad |b| r_1^s > 1 + r_1^p + |a| r_1^q;$$

l'équation (1) a q racines en valeur absolue inférieures à r_2, si nous avons

$$(3) \qquad |a| r_2^q > 1 + r_2^p + |b| r_1^s;$$

et cette équation a p racines en valeur absolue inférieures à r_3, si nous avons

$$(4) \qquad r_3^p > 1 + |a| r_3^q + |b| r_3^s.$$

Notre théorème sera établi si nous pouvons choisir les quantités r_1, r_2, r_3 (ne dépendant pas de a, b, p, q, s) telles que l'une des inégalités (2), (3),

---

(¹) E. LANDAU, *Annales de l'École Normale*, 3ᵉ série, t. 24, 1907, p. 198-201.

(²) P. MONTEL, *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 852; voir aussi une Note de M. SARANTOPOULOS, *Ibid.*, t. 174, 1922, p. 591.

(4) soit toujours vérifiée. C'est-à-dire que nous n'avons qu'à satisfaire à l'une des inégalités obtenues par l'élimination de b :

$$\frac{|a|\,r_2^q - 1 - r_2^p}{r_2^s} > \frac{1 + r_1^p + |a|\,r_1^q}{r_1^s},$$
$$\frac{r_3^p - 1 - |a|\,r_3^q}{r_3^s} > \frac{1 + r_1^p + |a|\,r_1^q}{r_1^s}.$$

Il suffit de satisfaire à la seule inégalité

$$\frac{r_1^s r_3^p - r_1^s - r_3^s - r_1^p r_3^s}{r_1^q r_3^s + r_1^s r_3^q} > \frac{r_1^p r_2^s + r_2^s + r_1^s + r_1^s r_2^p}{r_1^s r_2^q - r_1^q r_2^s},$$

et cela se fait très facilement, si l'on prend $r_1 > r_2^2 > r_3^4 > 12^4$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions uniformes de deux variables indépendantes définies par l'inversion d'un système algébrique aux différentielles totales du quatrième ordre.* Note de M. **René Garnier**.

1. Dans son *Mémoire sur la théorie des fonctions algébriques de deux variables* (1), M. Émile Picard posait la question suivante :

« Concevons une surface $f(x, y, z) = 0$ possédant deux expressions u de première espèce (2)

$$u = \int^{(x,y,z)} e^{\int \frac{P\,dx + Q\,dy}{R(f'_z)^2}} \left(dx + \frac{R_1 Q}{P_1 R}\,dy\right),$$
$$v = \int^{(x,y,z)} e^{\int \frac{P'\,dx + Q'\,dy}{R'(f'_z)^2}} \left(dx + \frac{R'_1 Q'}{P'_1 R'}\,dy\right).$$

Pouvons-nous imaginer que x, y, z soient des fonctions uniformes de u et v? »

Cette même question, M. Picard la posait à nouveau dans sa *Théorie des fonctions algébriques de deux variables indépendantes* (3).

Or, plus généralement, nous venons de résoudre le problème suivant qui fait l'objet de cette Note.

Déterminer toutes les surfaces algébriques $F(x, y, z) = 0$ sur chacune

(1) *Journ. Math. pures et appl.*, 4e série, t. 5, 1889, p. 309.

(2) C'est-à-dire restant finies en tout point (x, y, z) atteint par un chemin de longueur finie. Tous les coefficients P, ..., R' sont rationnels en x, y, z.

(3) T. 2, 1906, p. 484.

desquelles on peut construire deux expressions

$$(1)\qquad u=\int e^{\mathrm{I}}(\mathrm{H}\,dx+\mathrm{K}\,dy),\qquad v=\int e^{\mathrm{J}}(\mathrm{L}\,dx+\mathrm{M}\,dy)$$

avec

$$\mathrm{I}=\int \mathrm{P}\,dx+\mathrm{Q}\,dy,\qquad \mathrm{J}=\int \mathrm{R}\,dx+\mathrm{S}\,dy,$$

de telle sorte que les fonctions x, y, z, définies par l'inversion du système (1), soient uniformes en u et v. Dans l'énoncé précédent P, Q, R, S, H, K, L, M sont rationnels en x, y, z; enfin $d\mathrm{I}$ et $d\mathrm{J}$ *peuvent posséder des courbes polaires, mais d'ordre* 1 *au plus*. Nous indiquerons d'ailleurs à la fin des ces Notes les résultats que nous avons obtenus dans le cas où e^{I} et e^{J} possèdent des lignes de singularités essentielles.

2. Précisons d'abord les raisons pour lesquelles on est amené à se poser le problème précédent. En premier lieu si $x(u, v)$, $y(u, v)$, $z(u, v)$ est une solution de (1), la solution la plus générale s'en déduira en remplaçant dans la première u et v par $\mathrm{A}u+\mathrm{B}$ et $\mathrm{C}v+\mathrm{D}$ (A, B, C, D constantes arbitraires); on prévoit donc que le problème se présentera de lui-même dans la recherche des *fonctions uniformes de deux variables admettant des groupes de transformations hyperabéliens* : sur ce point nous renverrons aux travaux déjà cités de M. Emile Picard.

A un autre point de vue, le problème se rencontre à nouveau dans la recherche des *fonctions à points critiques fixes définies par des systèmes différentiels algébriques*. Effectuée dans le champ d'une variable et dans le cas des deux premiers ordres différentiels la recherche précédente exige la détermination préalable des équations

$$(\mathrm{A}_1)\qquad \frac{dx}{du}=f(x,y)\qquad \left[\text{ou } u=\int f^{-1}\,dx\right],\qquad \mathrm{F}(x,y)=0;$$

$$(\mathrm{B}_1)\qquad \frac{d^2x}{du^2}=f(x,y)\left(\frac{dx}{du}\right)^2\qquad \left[\text{ou } u=\int e^{-\int f\,dx}\,dx\right],\qquad \mathrm{F}(x,y)=0$$

(f et F rationnelles en x, y) à intégrale générale uniforme. Or, posé dans le champ de deux variables, le problème analogue à (A_1) s'énonce ainsi :

Déterminer toutes les surfaces algébriques $\mathrm{F}(x, y, z)=0$ telles que les fonctions x, y, z définies par l'inversion d'un système

$$(\mathrm{A}_2)\quad du=\mathrm{P}(x,y,z)\,dx+\mathrm{Q}(x,y,z)\,dy,\qquad dv=\mathrm{R}(x,y,z)\,dx+\mathrm{S}(x,y,z)\,dy$$

(P, Q, R, S rationnelles en x, y, z) soient uniformes en u et v. Ce problème a fait l'objet des recherches de M. Émile Picard, puis de celles de

M. Painlevé. Les surfaces F qu'ils ont obtenues sont : 1° les surfaces hyperelliptiques de Picard; 2° le cylindre elliptique; 3° le plan $z = 0$. Et les fonctions uniformes x, y, z de u et v se ramènent aux fonctions hyperelliptiques ou à des combinaisons de leurs dégénérescences. Quant au problème B_2 c'est précisément celui que nous étudions actuellement.

Enfin, remplaçons v par v_0 dans l'intégrale générale de (1); la fonction uniforme $x(Au + B, Cv_0 + D)$ vérifie une équation du troisième ordre, ce qui suffirait à justifier l'intérêt du système actuel au point de vue de la *théorie des équations différentielles à une variable.*

3. Or, tout ce que l'on sait sur l'extension à deux variables d'une théorie déjà établie pour une variable (en particulier la comparaison des problèmes A_1 et A_2) permet de prévoir que la question actuelle est singulièrement moins simple que l'intégration uniforme de B_1. Bornons-nous à cette seule remarque : alors que pour B_1 les résidus de $f(x, y)$ doivent être rationnels, au contraire, pour B_2, il est facile de construire des expressions u et v telles que I et J possèdent des *résidus irrationnels ou complexes* dont l'inversion définit cependant des fonctions *uniformes* (*possédant des lignes essentielles mobiles à distance finie*).

Pour le problème actuel, les propositions jusqu'ici connues de la théorie des fonctions analytiques de deux variables (inversion, singularités, etc.) ne pouvaient être d'aucune utilité : si l'on pouvait songer à aborder la question c'est uniquement grâce aux méthodes de recherche données par M. Painlevé dans le cas d'une variable, et grâce aux importants résultats obtenus par les géomètres italiens dans la théorie des surfaces algébriques.

4. Résumons maintenant le résultat général de nos recherches :

Pour que l'inversion de (1) définisse un système de fonctions uniformes, la surface F doit appartenir à l'une des catégories suivantes :

I. Surfaces irrégulières : 1° *Surfaces hyperelliptiques de Picard.* 2° *Surfaces elliptiques* (de Painlevé) *de genre* $p_g = 0$. 3° *Réglées elliptiques.*

II. Surfaces régulières : 1° *Surfaces hyperelliptiques* (au sens généralisé de MM. Enriques et Severi), *à l'exclusion des surfaces images d'involutions bidiédriques.* 2° *Surfaces rationnelles.*

Quant aux fonctions uniformes $x(u, v)$, ..., elles se ramènent soit aux fonctions hyperelliptiques (combinées ou non avec des fonctions élémentaires), soit à des combinaisons de leurs dégénérescences.

Enfin, chacune des surfaces précédentes constitue une solution du problème de M. Picard que nous avons rappelé plus haut (exception faite des surfaces elliptiques du type non hyperelliptique).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les singularités des fonctions harmoniques.* Note de M. **Georges Bouligand**.

L'esquisse consacrée précédemment (¹) aux singularités des fonctions harmoniques porte l'empreinte des caractères de la théorie de Fredholm. Celle-ci ne s'applique plus, M. Émile Picard l'a montré (²), aux équations à domaine d'extension infini. Dans la théorie actuelle, on doit donc s'attendre aussi à des cas exceptionnels, mettant en défaut le principe des singularités positives, énoncé sous la forme suivante : *Une fonction est déterminée à un facteur constant près, si elle est harmonique dans un domaine et nulle sur sa frontière, exception faite pour un point déterminé* (du domaine ou de la frontière), *siège d'une singularité positive.* Un exemple d'exception de cette nature s'obtient en considérant les fonctions harmoniques dans la portion de l'espace comprise entre deux plans parallèles et nulles sur ces plans. Choisissons l'unité de longueur et les coordonnées, de manière à représenter ces plans par $x = 0$ et $x = \pi$. Les fonctions U en question sont développables sous la forme $\Sigma u_n(y, z) \sin nx$, où u_n est une solution, analytique dans tout son plan, de $\Delta u = n^2 u$. On peut remarquer que l'on a

$$V(x, r) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} U\, d\left(\text{arc tang}\,\frac{y}{z}\right) = \Sigma a_n \sin nx\, J_0(nir);$$

dans ce dernier développement, le terme général est emprunté à une suite, orthogonale (dans l'intégration par rapport à x), offrant (par rapport à r) la séparation des croissances. L'inégalité $V > 0$ entraîne la réduction du développement ci-dessus à son terme de rang *un*. Donc $U > 0$ exige $U = \sin x . u_1(y, z)$. Si nous obtenons ainsi un résultat net pour la délimitation des $U > 0$, nous sommes loin de les déterminer à un facteur constant près. On peut, en effet, prendre pour u_1 une intégrale de Stieltjes [intervalle $0, 2\pi$], portant sur l'élément $e^{y\cos\alpha + z\sin\alpha}\, d\varphi(\alpha)$, où φ = fonction croissante. Cet exemple conduit à une équation intégro-différentielle exceptionnelle du type (3) et révèle le caractère fallacieux qu'offriraient sur elle les

(¹) *Comptes rendus*, t. **176**, 16 et 30 avril 1923.

(²) *Comptes rendus*, t. **151**, 13 octobre 1910, et *Annales de l'École Normale supérieure*, 3ᵉ série, t. **28**, 1911.

indications d'un passage sommaire à la limite [1]. En soumettant les données à une transformation de Lord Kelvin, on passe à un problème concernant le domaine compris entre deux sphères tangentes intérieures (la singularité étant localisée au point de contact) et présentant les mêmes caractères exceptionnels.

Après avoir signalé les cas d'application immédiate de la théorie de Fredholm et ceux qui y font exception, il nous reste à indiquer ceux où elle s'applique *asymptotiquement*. Soit une fonction harmonique dans un domaine Ω, douée d'une singularité en un point A de sa frontière Σ, où celle-ci admet, sinon un plan tangent, du moins un cône des tangentes. Considérons la section de Ω par la sphère de rayon ρ et de centre A, qui sur la sphère concentrique de rayon 1 se projette suivant S_ρ. En posant $r = e^\rho$ et $U = e^{-\frac{\rho}{2}}V$, nous serons conduits à déterminer V par une équation intégro-différentielle

$$2\pi V_p(\rho) = \int\int_{S_\rho} \frac{\partial^2 V_m}{\partial \rho^2} g_\rho(m, p)\, dS_m$$

où le noyau et le domaine d'extension dépendent de ρ. Cette dépendance est telle que lorsque ρ tend vers $-\infty$, S_ρ tend vers la section droite S du cône des tangentes, et $g_\rho(m, p)$, vers la fonction de Green $g(m, p)$ de S [pour tous les couples m, p strictement intérieurs, à partir d'un certain moment, à tous les S_ρ]. Soient α_n^2 une valeur singulière du noyau $g(m, p)$ et $\psi_p^{(n)}$ la fonction fondamentale la plus générale qui correspond à α_n^2. On peut mettre en évidence un ensemble de singularités, représentables asymptotiquement sous la forme $F(\rho)[\psi_p^{(n)} + \varepsilon]$, la fonction $F(\rho)$ ayant pour nombre caractéristique α_n, et ε étant infiniment petit avec $\frac{1}{\rho}$.

Il y a donc séparation des croissances élémentaires et orthogonalité asymptotique. Sous réserve d'une délimitation des cas auxquels on peut étendre le théorème d'Hilbert-Schmidt, on obtient ainsi la justification des principes énoncés précédemment, et en particulier on peut regarder le théorème des singularités positives comme établi [2]. Dans le cas où A est

(1) Le noyau $g(m, p)$ de cette équation est la fonction de Green harmonique de la bande plane section droite de Ω, laquelle s'éteint comme $e^{-|\eta|}$ (η = ord. de m). On est obligé en conséquence d'imposer aux U une croissance moindre que $e^{|y|}$. (On suppose Ω stratifié par des plans perpendiculaires à Ox.)

(2) Ce mode de raisonnement s'applique à l'étude d'une fonction harmonique dans un domaine infini et nulle sur sa frontière, lorsque les branches infinies sont pourvues

un point régulier de Σ l'ensemble des singularités élémentaires comprend la dérivée, suivant la normale en A, de la fonction de Green, et toutes les fonctions indépendantes qu'on en déduit par les dérivations correspondant à tout déplacement de A sur Σ. Il peut arriver aussi que A étant un rebroussement rentrant, les S_ρ tendent vers un domaine limite qui soit la totalité de la sphère. Je me borne à indiquer qu'on peut rattacher à ce point de vue les cas d'impossibilité du problème de Dirichlet indiqués par M. Lebesgue [1].

Ce mode d'application asymptotique de la théorie de Fredholm convient, dans d'autres conditions, à l'étude locale de singularités isolées de solutions uniformes d'équations plus générales que l'équation de Laplace, du type

$$\Delta_2 U + 2\vec{\alpha}.\overrightarrow{\text{grad}}\, U + \beta U = 0,$$

en désignant par U une fonction d'un point d'un continu riemannien, par Δ_2 le paramètre du second ordre, par $\vec{\alpha}$ un champ vectoriel, et par β un champ scalaire définis dans ce continu. Aux coordonnées sphériques, on substituera dans ce cas des coordonnées géodésiques.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *La formule de Poisson et le problème de Dirichlet.* Note de MM. **H.-C. Evans** et **H.-E. Bray**, présentée par M. Hadamard.

Soit $u(r, \theta)$ harmonique dans l'intérieur du cercle $r = 1$, et posons

$$F(r, \theta) = \int_0^\theta u(r, \theta)\, d\theta.$$

Les conditions nécessaires et suffisantes pour qu'il existe une fonction $f(\varphi)$, sommable au sens de Lebesgue, satisfaisant à l'équation intégrale de Poisson, sont la condition (a) de notre Note récente [2], et les suivantes :

(I). $u(r, \theta)$ est la différence de deux fonctions $u_1(r, \theta)$, $u_2(r, \theta)$ harmoniques, non négatives dans l'intérieur du cercle;

---

de cônes directeurs. En imposant à une telle fonction d'être positive dans tout le domaine, on ramène son choix à celui d'une combinaison linéaire et positive de solutions particulières en nombre égal à celui des branches.

(1) *Bulletin de la Société mathématique de France*, 1913.

(2) *Sur l'intégrale de Poisson généralisée* (*Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1042).

(II). Il existe une suite dénombrable de valeurs $\{r_n\}$,

$$\lim_{n=\infty} r_n = 1,$$

telle que les fonctions

$$F_i(r, \theta) = \int_0^\theta u_i(r, \theta)\, d\theta \qquad (i = 1, 2, \ldots)$$

soient absolument continues en θ uniformément pour ces valeurs de r.

En effet, nous avons démontré que les conditions (a), (I) sont nécessaires et suffisantes pour qu'on ait la formule généralisée de Poisson [l'équation (1) de la Note citée], formule où la différentielle de la fonction à variation bornée arbitraire $F(\theta)$ prend la place de $f(\theta)\,d\theta$. Or nous pouvons écrire

$$F(\theta) = \alpha(\theta) + \int_0^\theta f(\theta)\, d\theta + \lambda(\theta),$$

où $\alpha(\theta)$ désigne la fonction des sauts, $f(\theta)$ est sommable au sens de Lebesgue, et $\lambda(\theta)$ est continue, à variation bornée, et à dérivée nulle presque partout. Mais de l'équation (1) de la Note citée on déduit par une méthode de M. Fatou [1] que

$$\lim_{r=1} u(r, \theta) = F'(\theta)$$

là où cette quantité existe, c'est-à-dire presque partout. Ainsi l'on a

$$(1) \qquad \lim_{r=1} u(r, \theta) = f(\theta)$$

presque partout.

Avec cela, nous nous retrouvons précisément dans le cas d'un théorème de C. de la Vallée Poussin sur la convergence de la limite, pour n infini, de l'intégrale $\int_a^b f_n(x)\,dx$ [2]. Avec les (a), (I), la condition (II) est donc nécessaire et suffisante pour que

$$\lim_{r=1} \int_0^\theta u(r, \theta)\, d\theta = \int_0^\theta f(\theta)\, d\theta,$$

c'est-à-dire [en vertu de l'équation (2') de notre Note citée] pour que

$$F(\theta) = \text{const.} + \int_0^\theta f(\theta)\, d\theta,$$

ce qui nous donne la formule de Poisson.

---

(1) *Acta Mathematica*, vol. 30, 1907, p. 345.

(2) *Transactions of the Mathematical Society*, vol. 16, 1915, p. 447.

On peut remplacer, dans la Note citée, les conditions (a), (b) par les mêmes conditions, pour la suite dénombrable $\{r_n\}$ de valeurs de r. Désignons-les par les lettres (a'), (b'), et considérons de plus la condition :

(c'). La continuité absolue de l'intégrale $\int_0^\theta |u(r, \theta)| d\theta$ est uniforme pour $\{r_n\}$.

On démontre facilement que les conditions (a'), (c') aussi sont nécessaires et suffisantes pour la formule ordinaire de Poisson [la (3) de la Note citée].

En effet, de (c'), on déduit (b'), et par conséquent la formule généralisée [formule (1) de la Note citée], avec $\lim_{r=1} u(r, \theta) = f(\theta)$ presque partout. Du théorème de M. de la Vallée Poussin, on déduit que

$$\lim_{r=1} \int_0^\theta |u(r, \theta)| d\theta = \int_0^\theta |f(\theta)| d\theta.$$

Mais, en général, supposant les conditions (a'), (b'), on peut vérifier le résultat

$$\lim_{r=1} \int_0^\theta |u(r, \theta) d\theta = \int_0^\theta |dF(\theta)|,$$

et, dans notre cas,

$$\int_0^\theta |dF(\theta)| = \int_0^\theta |f(\theta)| d\theta,$$

d'où résulte encore

$$F(\theta) = \int_0^\theta f(\theta) + \text{const.}$$

La nécessité de (c') est la conséquence immédiate du fait que

$$|u(r, \theta)| \leqq u_1(r, \theta) + u_2(r, \theta).$$

Cette seule condition, *que* $\frac{\partial u}{\partial r}$ *soit sommable sur l'intérieur du cercle*, est suffisante pour la formule ordinaire de Poisson, parce que cette condition implique (a), (c') (1). En effet la continuité absolue en θ de $F(r, \theta)$ est uniforme pour tout r.

Une autre forme de condition, nécessaire et suffisante pour ladite for-

(1) G.-C. Evans, *Rice Institute Pamphlets*, VII, 4, p. 312 et suiv. On y trouve d'ailleurs une autre démonstration du fait que sous cette condition les valeurs

mule, est constituée par (c') et par la condition *que* $\lim_{r=1} u(r, \theta)$ *existe pour pour presque tous les* θ. Un cas particulier de cette dernière condition est celui de M. Fatou, où $\lim_{r=1} u(r, \theta)$ existe pour presque tous les θ, et où $u(r, \theta)$ reste bornée; parce que, en ce cas, on a

$$\int_{\theta_1}^{\theta_2} |u(r, \theta)|\, d\theta \leqq \mathrm{M}\, |\theta_2 - \theta_1|.$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la résolution de certaines équations de Fredholm au moyen d'une série entière.* Note [1] de M. J. Haag, présentée par M. Émile Borel.

1. Soit un cercle C, de rayon R, ayant pour centre l'origiue et un arc de courbe AB, de longueur l, tout entier intérieur à ce cercle. Considérons une fonction $\mathrm{K}(x, y)$ des deux variables complexes x et y, que nous supposerons holomorphe par rapport à x dans C et uniformément bornée sur son contour, quelle que soit la position du point y sur AB. Soit enfin $f(x)$ une fonction également holomorphe dans C. Je dis que l'équation intégrale

$$\varphi(x) + \int_{(\mathrm{AB})} \mathrm{K}(x, y)\varphi(y)\, dy = f(x) \tag{1}$$

admet une solution holomorphe dans C et une seule.

En effet, on a, à l'intérieur de C,

$$\mathrm{K}(x, y) = \sum_{n=0}^{\infty} u_n(y) x^n, \tag{2}$$

$$f(x) = \sum_{n=0}^{\infty} c_n x^n. \tag{3}$$

---

limites de $u(r, \theta)$ sont les $f(\theta)$ presque partout. Dans le cas considéré, on a

$$\int_{\theta_1}^{\theta_2} |u(r, \theta)|\, d\theta \leqq \int_{\theta_1}^{\theta_2} |u(r_1, \theta)|\, d\theta + \int_{\theta_1}^{\theta_2} |u(r, \theta) - u(r_1, \theta)|\, d\theta$$
$$\leqq \mathrm{M}_1 |\theta_2 - \theta_1| + \int_{\theta_1}^{\theta_2} \int_{r_1}^{r} \frac{1}{r} \left|\frac{\partial u}{\partial r}\right| r\, dr\, d\theta.$$

[1] Séance du 7 mai 1923.

Soit, d'autre part,

(4) $$\varphi(x)=\sum_{n=0}^{\infty}a_n x^n.$$

Portons (2), (3), (4) dans (1) et égalons les coefficients de x^p dans les deux membres :

(5) $$a_p+\sum_{n=0}^{\infty}b_{pn}a_n=c_p \qquad (p=0, 1, 2, \ldots),$$

en posant

(6) $$b_{pn}=\int_{(AB)}u_p(y)y^n\,dy.$$

2. Pour résoudre le système (5), multiplions la $p^{\text{ième}}$ équation par k^p, k étant un nombre positif inférieur à R et supérieur à la distance maximum ρ de O à l'arc AB. Posons, en outre,

(7) $$a_n k^n=x_n, \qquad b_{pn}k^{p-n}=a_{pn}, \qquad c_p k^p=\gamma_p.$$

Notre système devient

(8) $$x_p+\sum_{n=0}^{\infty}a_{pn}x_n=\gamma_p.$$

Le déterminant Δ de ce système est normal. En effet, nous allons montrer que la série double de terme général a_{pn} est absolument convergente. La série (2) est convergente pour $x=R$, et bornée quel que soit y sur AB. Donc, on a

$$|u_n(y)|<\frac{M}{R^n},$$

M étant un nombre fixe. D'où l'on déduit

$$|a_{pn}|<k^{p-n}\frac{M}{R^p}\rho^n l=M\,l\left(\frac{k}{R}\right)^p\left(\frac{\rho}{k}\right)^n.$$

Comme $\frac{k}{R}$ et $\frac{\rho}{k}$ sont <1, la propriété est démontrée.

D'autre part, les γ_p sont bornés, puisque la série $\sum c_p k^p$ est convergente. Donc, si $\Delta\neq 0$, le système (8) admet une solution unique, pour laquelle tous les x_p sont bornés [1].

---

[1] Cf. Riesz, *Les systèmes d'équations linéaires à une infinité d'inconnues*; Gauthier-Villars, 1913, p. 29.

Les valeurs des a_n qu'on en déduit rendent la série (4) convergente pour $x < k$. Comme k peut être pris aussi voisin qu'on le veut de R, on en déduit que $\varphi(x)$ est holomorphe dans C et que tous les développements précédents sont légitimes.

3. Si l'on introduit le facteur λ devant l'intégrale de (1), tous les a_{pn} sont multipliés par λ. Le déterminant Δ ne cesse pas d'être normal, quel que soit λ et, par conséquent, devient une fonction entière $\Delta(\lambda)$ de ce paramètre [1]. Il est facile de vérifier son identité avec le classique déterminant de Fredholm [2].

Chacune des inconnues x_n est une fraction de dénominateur $\Delta(\lambda)$ et dont le numérateur est une fonction entière de λ. On en conclut aisément que la série (4) est une fraction analogue et que, par suite, $\varphi(x)$ est une fonction méromorphe de λ dans tout le plan.

4. Si λ est une racine de $\Delta(\lambda)$, nos conclusions ne s'appliquent plus. Si $f(x) = 0$, on démontre aisément qu'il y a une infinité de solutions dépendant linéairement de certaines fonctions fondamentales, dont le nombre est au plus égal à l'ordre de multiplicité de la racine λ. Si $f(x)$ n'est pas nul, on peut écrire les conditions de possibilité du problème. Mais, elles ne se présentent pas, du moins immédiatement, sous la forme classique, qui nécessite l'introduction de l'équation associée.

Enfin, si l'on considère l'équation de première espèce obtenue en supprimant $\varphi(x)$ au premier membre de (1), le déterminant du système (8) n'est plus un déterminant normal et il faudrait envisager une autre méthode de résolution.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Origine électromagnétique de la masse inerte et de la masse pesante*. Note [3] de M. **Max Morand**, présentée par M. Émile Borel.

Dans une Note précédente, nous avons établi le système d'équations différentielles

$$(1) \qquad \mathfrak{J}_i = g^{\nu\sigma}[\varphi_{i\nu\sigma} + \varphi_{\nu\sigma i} - \varphi_{\sigma i\nu}],$$

(1) Cf. Riesz, *loc. cit.*, p. 39 et 40.

(2) Marty a fait une vérification analogue, portant sur des coefficients de Fourier (*Bulletin des Sciences mathématiques*, 1909).

(3) Séance du 7 mai 1923.

qui déterminent le potentiel vecteur quand on connaît la distribution du vecteur courant $\mathfrak{z}_i$ dans un univers tétradimensionnel quelconque.

Étant donné un système de coordonnées x_i et un point $P(x_i^0)$ de ce système, la considération du système de coordonnées $\overline{x_i}$ géodésique en P permet de ramener les équations (1) à une forme quasi euclidienne beaucoup plus simple. Supposons, pour simplifier le problème, que le ds^2 soit de la forme

$$ds^2 = g_{11}\,dx_1^2 + g_{22}\,dx_2^2 + g_{33}\,dx_3^2 - g_{44}\,dx_4^2,$$

et admettons que le système x_i soit le siège d'un champ de gravitation statique et permanent. Le système de coordonnées géodésique est défini par la transformation

$$x_i - x_i^0 = \overline{x_i} - \frac{1}{2}\Gamma_{rs}^i(x_i^0)\,\overline{x_r}\,\overline{x_s}, \tag{2}$$

où $\Gamma_{rs}^i(x_i^0)$ représente la valeur en P du symbole de Christoffel $\left\{ \begin{matrix} rs \\ i \end{matrix} \right\}$. On démontre facilement que les symboles de Christoffel s'annulent dans le système géodésique, et les équations (6) s'y réduisent à

$$\overline{\mathfrak{z}_i} = \overline{g}^{\nu\sigma}\frac{\partial^2 \overline{\varphi_i}}{\partial \overline{x_\nu}\,\partial \overline{x_\sigma}} + \lambda_i^\alpha\,\overline{\varphi_\alpha}, \tag{3}$$

où λ_i^α représentent des constantes dépendant des valeurs des Γ_{rs}^i et de leurs dérivées au point P. S'il se trouve au voisinage du point P une particule électrisée créant une singularité dans le champ électromagnétique, la partie principale de la solution de ces équations est de la forme

$$\overline{\varphi_i} = \int \frac{\overline{\mathfrak{z}_i}\,dV}{r}\left[x_4 - \frac{r}{c}\right], \qquad dV = d\overline{x_1}\,d\overline{x_2}\,d\overline{x_3}, \tag{4}$$

chaque élément de l'intégrale étant pris en $x_4 - \frac{r}{c}$, où $c = \sqrt{g_{44}}$ est la vitesse de la lumière et où $r^2 = \overline{g}_{ik}\,d\overline{x_i}\,d\overline{x_k}$ $(i, k = 1, 2, 3)$.

Deux cas sont à considérer :

Premier cas : La particule électrisée située en P n'est soumise à aucune autre force que l'action du champ de gravitation sur sa masse inerte. Alors, elle se met en mouvement et décrit une géodésique d'univers. Elle devient immobile par rapport au système géodésique, et l'on a

$$\overline{\mathfrak{z}_1} = \overline{\mathfrak{z}_2} = \overline{\mathfrak{z}_3} = 0, \qquad \overline{\mathfrak{z}_4} = g_{44}\,\overline{\rho}. \tag{5}$$

Il en résulte pour les composantes du potentiel vecteur les valeurs

$$(6)\qquad \overline{\varphi_1}=\overline{\varphi_2}=\overline{\varphi_3}=0,\qquad \overline{\varphi_4}=\int\frac{g_{44}\overline{\rho}\,dV}{r},\qquad \text{avec}\quad dV=d\overline{x_1}\,d\overline{x_2}\,d\overline{x_3}.$$

La particule en chute libre dans un champ de gravitation n'est entourée que de son champ électrostatique, elle ne rayonne pas.

Deuxième cas : La particule est maintenue immobile en P au moyen d'une force auxiliaire quelconque. Alors elle est mobile par rapport au système géodésique et l'on a, en supposant que le mouvement se fait suivant la direction spatiale $\overline{x_2}=\overline{x_3}=0$,

$$(7)\qquad \overline{\mathfrak{J}}_1=-g_{44}\Gamma^4_{14}\,\rho\,x_4,\qquad \overline{\mathfrak{J}}_2=\overline{\mathfrak{J}}_3=0,\qquad \overline{\mathfrak{J}}_4=g_{44}\rho.$$

Il en résulte pour le potentiel vecteur

$$(8)\qquad \overline{\varphi_1}=-\int\frac{g_{44}\rho\Gamma^4_{14}x_4\,dV}{r}\left[x_4-\frac{r}{c}\right],\qquad \overline{\varphi_2}=\overline{\varphi_3}=0,\qquad \overline{\varphi_4}=\int\frac{g_{44}\rho\,dV}{r}\left[x_4-\frac{r}{c}\right].$$

En remarquant que $-\frac{g^{11}}{g^{44}}\Gamma^4_{14}\,x_4$ représente la vitesse de la particule au temps x_4, par rapport au système géodésique, la sommation des intégrales (8) se ramène au cas classique.

En revenant au système primitif x_i au moyen des formules tensorielles, on trouve en P

$$\varphi_i=\overline{\varphi_i},\qquad F_{\mu\nu}=\overline{F}_{\mu\nu}.$$

La particule immobile en P est entourée de deux champs : l'un électrostatique variant comme r^{-2}, l'autre électromagnétique variant comme r^{-1} et composé d'un champ électrique et d'un champ magnétique représentant le champ de rayonnement. Le champ électrique a sur la particule une action résultante non nulle, dirigée suivant le sens et dans la direction des forces de gravitation. Cette résultante n'est pas autre chose que le poids de la particule. Ainsi s'explique l'existence de la masse pesante de l'électricité.

Au lieu d'un champ de gravitation permanent, s'il régnait en P un champ de gravitation géométrique, les mêmes champs électromagnétiques existeraient autour de la particule, et la résultante de la réaction du rayonnement serait la force d'inertie. Ainsi se retrouve par une explication physique l'existence et l'égalité de la masse inerte et de la masse pesante, ce dont Einstein avait rendu compte grâce à la géométrisation des forces de gravitation.

On pouvait d'ailleurs prévoir ces résultats sous la forme d'une équivalence

électromagnétique d'un champ de gravitation géométrique et d'un champ de gravitation permanent. En effet, les termes de rayonnement calculés par la théorie classique dépendent seulement de l'accélération de la particule, c'est-à-dire des composantes du champ de gravitation géométrique dans lequel elle se trouve. Comme un champ de gravitation permanent ne diffère, à composantes égales, d'un champ de gravitation géométrique que par les dérivées des g d'ordre supérieur au premier, tous les champs de gravitation doivent donner lieu localement au même rayonnement.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Champ gravifique dû à une sphère massique, en tenant compte de la constante cosmique*. Note de M. **Maurice Nuyens**, présentée par M. Brillouin.

M. Chazy a établi dans ces *Comptes rendus* (¹) le $(\partial s)^2$ définissant le champ gravifique à l'*extérieur* d'une sphère massique plongée dans un espace fermé. Je me propose de résoudre ici le problème *intérieur* dans le cas du fluide à pression interne p, et de montrer que le problème considéré est un problème bien posé.

A la base de la Gravifique einsteinienne, M. De Donder (²) place le principe d'Hamilton généralisé de la manière suivante :

$$\delta\int_\Omega (a + b\mathrm{C} + \Lambda)\sqrt{-g}\,dx_1\,dx_2\,dx_3\,dx_4 = 0; \tag{1}$$

a est la constante cosmique; b est une autre constante universelle; C est l'invariant de courbure de l'espace-temps et Λ est la fonction caractéristique du champ massique. On obtient ainsi les équations différentielles du champ gravifique, dans le cas des pressions internes p :

$$\left\{\begin{aligned} -acf_1 + 2bc\mathrm{G}_{11} &= \frac{1}{2}f_1(\mu_0 - pc), \\ -acf_2 + 2bc\mathrm{G}_{22} &= \frac{1}{2}f_2(\mu_0 - pc), \\ +acf_4 + 2bc\mathrm{G}_{44} &= \frac{1}{2}f_4(\mu_0 + 3pc). \end{aligned}\right. \tag{2}$$

(¹) *Sur les vérifications astronomiques de la théorie de la relativité* (*Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 1157).

Ce problème extérieur a été résolu d'une manière indépendante, par MM. Weyl et Eddington.

(²) *Bull. Acad. roy. de Belgique*, Classe des Sciences, mars 1919.

Dans le problème de la sphère immobile, on posera

$$(3)\quad g_{11}=-f_1;\quad g_{22}=-\frac{f_2}{1-x_2^2};\quad g_{33}=-f_2(1-x_2^2);\quad g_{44}=f_4\quad \text{et}\quad f_1f_2^2f_4=c^2.$$

Les fonctions f_1, f_2, f_4 dépendent uniquement de la variable x_1 de Schwarzschild.

Le théorème du tenseur asymétrique, ou de l'impulsion et de l'énergie, donne ici

$$(4)\qquad (\mu_0+pc)\sqrt{f_4}=\gamma\qquad (\gamma=\text{constante d'intégration}).$$

Problème extérieur. — Faisons $\mu_0=p=0$ dans les équations (2); on obtient alors, par intégration,

$$(5)\qquad (\partial s)^2=-\frac{(\partial R)^2}{\frac{1}{\lambda}\left(1-\frac{\alpha}{R}+\frac{a}{6b}R^2\right)}-R^2[(\partial\theta)^2+\sin^2\theta(\partial\varphi)^2]$$
$$+\frac{c^2}{\lambda}\left(1-\frac{\alpha}{R}+\frac{a}{6b}R^2\right)(\partial t)^2,$$

où R est défini par

$$(6)\qquad \lambda(3x_1+\beta)=R^3,$$

et où α, λ, β sont trois constantes d'intégration.

Problème intérieur. — Introduisons une nouvelle variable r' en posant ([1])

$$(7)\qquad f_2=r'^2\qquad \text{et}\qquad f_4=\frac{c^2\psi}{r'};$$

ψ est une fonction de r' encore inconnue.

On déduit ainsi successivement des équations (2)

$$(8)\qquad \psi\left(3r'^2\frac{dr'}{dx_1}\right)^2=[9r'-3\varkappa(\mu_0+ac)r'^3+\delta]\qquad (\delta=\text{const. d'intégr.})$$

et

$$(9)\qquad \frac{2}{\left(r'^2\frac{dr'}{dx_1}\right)}-\frac{2}{\left(r'^2\frac{dr'}{dx_1}\right)_s}=-\varkappa\gamma c^{-1}\int_{r'}^{a'}\frac{r'^{\frac{3}{2}}\,dr'}{\left[r'-\frac{\varkappa}{3}(\mu_0+ac)r'^3+\delta\right]^{\frac{3}{2}}};$$

on a posé $\varkappa=-\frac{1}{2bc}$ et $r'=a'$ à la surface de la sphère.

Conditions de continuité à la surface. — En exprimant que les fonctions

([1]) MAURICE NUYENS, *Sur un changement de variables de M. de Donder* (*Bull. Acad. roy. de Belgique*, Classe des Sciences, 1922).

f_1, f_2, f_4 et leurs dérivées premières doivent varier d'une manière continue de l'intérieur à l'extérieur de la sphère, on trouve

$$(10) \qquad \beta = \frac{1}{\lambda} a'^3 - 3(x_1)_s, \qquad \alpha = a' + \frac{a}{6b} a'^3 - \lambda \psi_s,$$

ainsi que

$$(11) \qquad \left(\frac{dr'}{dx_1}\right)_s = \frac{\lambda}{a'^2}, \qquad \left(\frac{d\psi}{dr'}\right)_s = \frac{1}{\lambda}\left(1 + \frac{a}{2b} a'^2\right).$$

L'indice s indique qu'on se trouve sur la surface de la sphère.

Introduisons (11) dans (8), et cherchons γ, (4), à la surface; on obtient deux nouvelles conditions :

$$(12) \qquad \psi_s = \frac{1}{\lambda^2}\left[a' - \frac{\varkappa}{3}(\mu_0 + ac) a'^3 + \delta\right] \qquad \text{et} \qquad \gamma_s = c\mu_0\sqrt{\frac{\psi_s}{a'}}.$$

Conditions à l'origine. — Des relations (7), (9) et (11), on déduira f_4. Si l'on admet que $r' = 0$ à l'origine des coordonnées, on conclura de l'expression trouvée pour f_4, que $\delta = 0$. Grâce à cette dernière condition, la constante β est également déterminée; cela résulte de l'intégration de (9) et de la condition (11). On trouvera immédiatement, grâce à (10), que

$$(13) \qquad \alpha = \left(1 - \frac{1}{\lambda}\right)\left(1 - \frac{\varkappa ac}{3} a'^2\right) a' + \frac{\varkappa \mu_0}{3\lambda} a'^3.$$

En utilisant la valeur de β et en tenant compte de $\delta = 0$, on trouve une expression de f_4 ne renfermant plus que la constante λ. Celle-ci étant indépendante de la sphère considérée, prenons une sphère massique évanouissante; à l'origine, le champ doit tendre alors vers le champ de Minkowski. La constante λ est ainsi déterminée et vaut 1.

Généralisation du changement de variables de M. De Donder. — En intégrant (9), et en tenant compte de la valeur de β, on obtient

$$(14) \quad x_1 = \frac{r'^3}{3}\left(1 - \frac{\varkappa\mu_0}{2k}\right) + \frac{1}{4}\frac{\varkappa\mu_0}{k^{\frac{5}{2}}}\sqrt{1 - ka'^2}\,\arcsin k^{\frac{1}{2}} r' - \frac{1}{4}\frac{\varkappa\mu_0}{k^2} r'\sqrt{1 - ka'^2}\sqrt{1 - kr'^2};$$

on a posé

$$k = \frac{\varkappa}{3}(\mu_0 + ac).$$

Ce changement de variables permet de passer de la variable x_1 à la variable r'.

Champ gravifique à l'intérieur de la sphère. — Ce champ sera donné par

$$(15) \qquad (\partial s)^2 \equiv -\frac{(\partial r')^2}{1 - \frac{\varkappa}{3}(\mu_0 + ac) r'^2} - r'^2[(\partial\theta)^2 + \sin^2\theta(\partial\varphi)^2] + f_4(\partial t)^2,$$

où

$$f_1 \equiv c^2 \left[\frac{\varkappa\mu_0}{2k} \sqrt{1 - \frac{\varkappa}{3}(\mu_0 + ac)a'^2} + \left(1 - \frac{\varkappa\mu_0}{2k}\right) \sqrt{1 - \frac{\varkappa}{3}(\mu_0 + ac)r'^2} \right]^2.$$

On retrouve, comme cas particulier de ce problème bien posé, le champ extérieur de de Sitter [1], quand on suppose $\alpha = 0$.

SPECTROSCOPIE. — *Les spectres d'absorption ultraviolets des alcaloïdes du groupe de l'isoquinoléine. La narcéine.* Note de M. **Pierre Steiner**, présentée par M. G. Urbain.

La narcéine que l'on a coutume de ranger parmi les alcaloïdes du groupe de l'isoquinoléine occupe dans ce groupe une place à part. Elle ne contient plus le noyau isoquinoléinique dont l'anneau pyridinique a été ouvert, comme le montre la formule chimique établie par Freud (1893). On range cependant la narcéine dans le groupe des alcaloïdes dérivés de l'isoquinoléine parce que d'une part on peut l'obtenir à partir de la narcotine par chauffage avec des alcalis, et que d'autre part on peut la décomposer de façon à obtenir de l'hydrocotarnine qui est aussi un produit de décomposition de la narcotine.

Narcéine.

Narcotine.

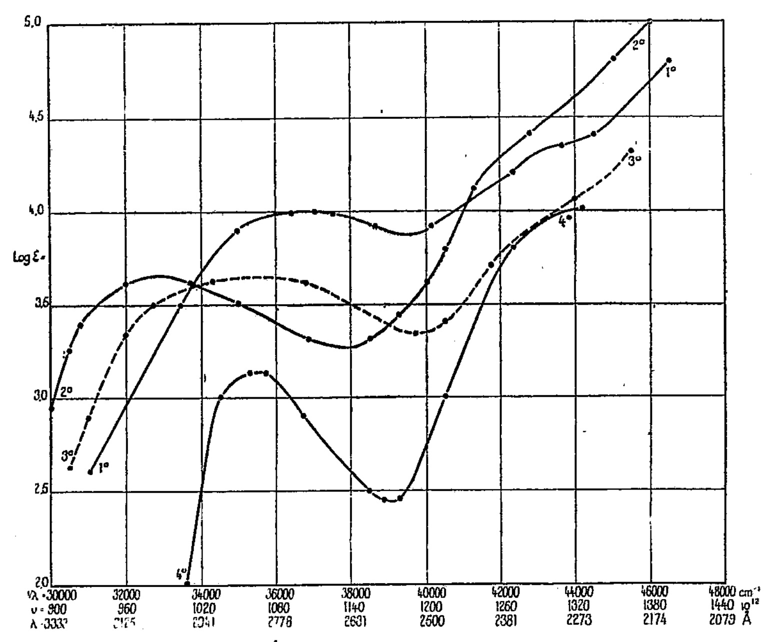
Hydrocotarnine.

Acide opianique.

[1] W. de Sitter, *Monthly Notices R. A. S.*, t. 76, p. 699; t. 77, p. 155; t. 78, p. 3 (1916-1917).

Le spectre d'absorption ultraviolet de la narcéine a déjà été l'objet de recherches de la part de Hartley en 1885 et de Dobbie et Lauder en 1903. Ces auteurs étudiant le spectre qualitativement dans un spectre d'émission à lignes ne purent pas observer de bande d'absorption. Dobbie et Lauder établirent une courbe d'absorption ascendante vers les petites longueurs d'onde et présentant un aplatissement à partir de $\lambda = 3010$ Å environ.

Nous avons repris l'étude de l'absorption ultraviolette de la narcéine en solution alcoolique en appliquant la mesure quantitative de l'absorption d'après V. Henri et en nous servant du spectre ultraviolet continu obtenu par la méthode de V. Henri.



1° Narcéine. — 2° Narcotine. — 3° Acide opianique. — 4° Hydrocotarnine.

Nous, avons ainsi pu établir que l'aplatissement de la courbe dessinée par Dobbie et Lauder correspondait à une bande d'absorption large dont nous avons pu calculer le maximum et le minimum dont les coefficients d'absorption sont assez rapprochés.

Le maximum de la bande a la longueur d'onde $\lambda = 2707$ Å environ et un coefficient d'absorption ε de 9800 environ.

Les valeurs correspondantes du minimum sont : $\lambda = 2539$ Å et $\varepsilon = 8000$.

La molécule de narcéine est composée d'une part par un noyau benzénique avec une chaîne latérale saturée azotée, d'autre part par un dérivé

benzénique qui n'est autre chose que l'acide opianique; par décomposition hydrolytique de la narcotine, on obtient l'acide opianique à côté de l'hydrocotarnine, tandis que, par décomposition de la narcéine, on obtient un composé voisin de l'acide opianique : l'acide hémipinique.

La figure ci-contre représente les courbes d'absorption : 1° de la narcéine, en solution alcoolique; et par comparaison : 2° celle de la narcotine en solution alcoolique; 3° de l'acide opianique en solution dans l'éther-alcool; 4° de l'hydrocotarnine en solution hexanique. Ces trois dernières courbes ont été décrites par nous récemment [1]. En abscisses sont portées les fréquences et en ordonnées les logarithmes des coefficients d'absorption ε définis par $\mathfrak{I} = \mathfrak{I}_0^{-\varepsilon c d}$.

La courbe de la narcéine rappelle par son aspect général celle de la narcotine et de l'acide opianique, la bande de la narcéine étant déplacée vers les petites longueurs d'onde d'environ 330 Å par rapport à la narcotine et d'environ 100 Å par rapport à l'acide opianique; son coefficient d'absorption est environ double de celui des bandes des deux autres composés. Pas plus que celui de la narcotine, on ne peut rapprocher le spectre de la narcéine de celui de l'hydrocotarnine. D'après les mesures précédentes, on peut doser spectrographiquement $0^{mg},05$ de narcéine dans 2^{cm^3} de solvant.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Recherches spectrographiques de haute fréquence dans le groupe des terres rares.* Note de M. **A. Dauvillier**, présentée par M. G. Urbain.

Dans deux Notes [2] antérieures, nous avons étudié en détail les séries L du lutécium et de l'ytterbium, éléments situés à la fin du groupe des terres rares et du baryum qui les précède. Nous avons pu, depuis, examiner celles du cérium, du néodyme, du samarium, de l'europium et du gadolinium [3] grâce aux préparations obligeamment mises à notre disposition par M. G. Urbain.

Les résultats de nos mesures sont réunis dans le Tableau suivant. Elles

(1) *Comptes rendus*, t. **176**, 1923, p. 244.

(2) *Comptes rendus*, t. **174**, 1922, p. 1347 et 1543.

(3) Ces éléments ont déjà été étudiés par Hjalmar et Coster (*Phil. Mag.*, t. **44**, 1922, p. 546), mais ces mesures ne répondent déjà plus aux exigences théoriques actuelles. En fait, nous avons trouvé près d'une dizaine de nouvelles lignes dans cette région.

ont été faites en nous référant aux lignes K du cuivre et du fer données par Siegbahn et sont exactes à quelques dixièmes d'unité X près ($1\,X = 10^{-11}$ cm). Nous reproduisons quelques lignes du baryum pour lesquelles la nomenclature devait être modifiée. Les fréquences des limites d'absorption L_3, rapportées à celle de Rydberg, ont été obtenues à partir des lignes d'absorption L_1 et L_2 au moyen des combinaisons fournies par les raies $\beta_8 \beta_9$ et γ_{11}.

Longueurs d'ondes, en unités X, *des raies* L *des éléments* Ba-Gd.

Combinaison.	Raie.	Intensité.	56 Ba.	58 Ce.	60 Nd.	62 Sa.	63 Eu.	64 Gd.
$\frac{\nu}{R}$ lim. L_3	»	»	441,3	483,0	525,5	570,0	594,5	617,25
$O_{4,5}L_3$	γ_4	assez Forte	»	1894,8	»	1603,2	1541,0	1481,5
$N_{6,7}L_3$	γ_9	très faible	»	1922,5	»	1626,1	1561,9	»
N_8L_3	γ_3	F.	»	1951,5	»	1651,7	1587,5	1526,9
N'_8L_3	γ'_3	variable	»	1956,1	»	1656,0	1591,9	»
N_9L_3	γ_7	moy.	»	1963,4	»	1660,4	1595,3	1533,6
N'_9L_3	γ'_7	tr. f.	»	»	»	1664,4	1598,6	1538,3
Ligne d'absorption	L_2	moy.	»	»	1839,2	1690,5	»	1558,1
O_3L_2	γ_2	f.	2201,6	2009,1	1842,6	1692,6	1624,1	1561,5
N_3L_2	γ_6	f.	2211,2	2019,6	1851,4	1701,9	1633,4	1569,5
N_4L_2	γ_{10}	f.	2218,6	2028,8	1860,0	1711,3	1642,2	1578,9
N_7L_2	γ_1	tr. F.	»	2045,5	1874,0	1722,7	1653,5	1588,6
N'_7L_2	γ'_1	variable	absente	2051,1	1879,3	1728,7	1658,9	1594,6
$N_{10}L_2$	γ_5	ass. F.	»	2106,0	»	1776,3	1704,6	1637,5
»	β_{10}	f.	2351,1	2153,1	»	1834,0	1764,7	1703,3
Ligne d'absorption	L_1	ass. F.	»	2159,5	1891,2	1841,0	»	1706,0
O_2L_1	β_5	moy.	2359,5	2164,0	(β_1 Sa)	1843,7	1773,4	1709,3
N_3L_1	β'_7	moy.	2371,7	2177,0	2006,6	1853,6	1781,7	1720,0
M_2L_3	β_8	moy.	2375,5	2184,4	2013,8	1858,9	1786,0	1720,0
M_3L_3	β_9	»	2381,3	(α_1 Sa)	»	1866,2	1794,0	1729,3
N_4L_1	β''_2	»	2381,3	β_8	β_8	1866,2	1794,0	β_9
N_6L_1	β_2	tr. F.	»	2204,0	2032,2	1878,8	1807,2	1742,0
N'_7L_1	β_{14}	variable	absente	2212,4	2039,5	1886,0	1813,9	1748,7
$N_{10}L_1$	β_6	ass. F.	»	2277,2	2099,7	1943,0	1868,9	1802,0
M_4L_3	β_3	F.	»	2306,1	2122,4	1958,8	1881,5	1811,3
M_5L_3	β_4	F.	»	2345,2	2162,2	1994,8	»	1850,1
M_2L_2	β_{13}	ass. F.	β_4	(β_4)	2154,8	1987,6	1908,1	1835,1
M_3L_2	β_1	tr. F.	»	2352,3	2162,2	1994,8	1915,4	1842,5
Ligne d'ionisation	α_4	moy.	2732,7	»	»	»	»	»
M_1L_1	α_3	ass. F.	»	»	»	2184,6	»	»
M_2L_1	α_1	tr. F.	»	»	»	2195,0	»	»
M_3L_1	α_2	F.	»	»	»	2205,4	»	»
M_6L_2	η	moy.	»	»	»	2214,5	»	»

Les lignes d'absorption L_1 et L_2, découvertes pour le baryum, ont été suivies jusqu'au gadolinium. Elles cessent d'exister avant l'ytterbium et au-dessous du cæsium. Nous pensons qu'elles correspondent au *renversement* des lignes β'_5 et γ'_2 (P_3L_1 et P_3L_2) par suite de l'ionisation P_3 (expulsion des électrons de valence) entretenue par le faisceau cathodique dans le cas des éléments très électropositifs. Elles ne devraient pas apparaître par fluorescence et ne doivent se retrouver ensuite que pour le radium et ses voisins. Les véritables limites d'absorption L_1 et L_2 seraient donc de plus haute fréquence. En fait, un cliché exceptionnellement bon de samarium a montré une seconde ligne blanche très faible $L'_1 = 1837,7$ qui correspondrait au passage de l'électron L_1 sur les orbites optiques Q. L'énergie du niveau $O_{2,3}$ serait alors de 20 volts.

Nous retrouvons, pour les éléments du groupe des terres rares, la plupart des lignes déjà observées pour le baryum, en particulier, les trois doublets de Sommerfeld : $\gamma_2\beta_5$, $\gamma_6\beta'_7$ et $\gamma_{10}\beta''_2$. Le doublet $\gamma_{11}\beta_7$ n'est plus discernable de $\gamma_6\beta'_7$ au-dessous de l'or (¹). Les raies β_{10}, qui semblent être la suite des lignes β_{11} et β_{12} de Coster pour les éléments voisins de l'argent, ne répondent à aucune combinaison et sont probablement des lignes L_2.

La ligne γ'_7, trouvée pour Ba, disparaît pour Gd. Les raies γ'_1 et β_{14} (²), déjà signalées par Coster, forment un doublet de Sommerfeld, de même que β_{13} et α_1. La disparition de β_{13} pour le tantale est un phénomène inattendu.

Ces mesures montrent que la couche d'électrons N est tétraquantique, avec dix niveaux normaux, bien avant l'apparition des terres rares et le devient sans doute pour l'élément tétravalent précédent, à savoir l'étain. C'est pour cet élément, que les raies β_5 et γ_2 doivent apparaitre pour la première fois. L'existence des niveaux provisoires N'_8 et N'_9, avant les terres rares, et N'_7, à leur début, constitue un phénomène encore inexplicable. Peut-être s'agit-il, pour les deux premiers, d'une *transposition* des niveaux N_1 et N_2? Cette hypothèse expliquerait le fait que la ligne $M\alpha$ n'a pas été observée au-dessous du dysprosium.

(¹) Nous avons pu, pour cet élément, vérifier l'existence des deux doublets $\gamma_6\beta'_7$ et $\gamma_{11}\beta_7$, et avons trouvé : $\gamma_{11} = 906,1$; $\gamma_6 = 908,4$; $\gamma_{10} = 917,5$.

(²) Ces lignes semblent débuter au cérium. Elles sont alors faibles et deviennent progressivement fortes à mesure que le nombre atomique augmente, comme si les électrons additionnels se plaçaient, dans le groupe cérique, sur le niveau N'_7. Les lignes β_8 et β_9 sont plus courtes que L'_1 au-dessus du tantale et au-dessous de l'iode, par suite des changements de pente différents subis par les niveaux L_3L_1 et M_2M_3, en particulier pour le xénon.

RADIOLOGIE. — *Sur la stéréoradioscopie.*
Note de M. **M.-S. Lambert**, présentée par M. Villard.

La stéréoradioscopie offre l'avantage de corriger aisément les déformations des ombres projetées sur l'écran, et d'obtenir sur les organes en mouvement, comme le cœur ou les poumons, des notions fort difficiles à fournir par la radiographie.

Cependant, malgré les nombreuses recherches qu'elle a suscitées, il n'existe pas encore d'appareillage permettant sa diffusion dans la pratique radiologique courante.

La plupart des solutions proposées utilisent la méthode à éclipses, mais la synchronisation entre le fonctionnement alternatif des deux foyers d'émission de rayons X et les obturateurs oculaires s'obtient malaisément.

Au cours de vérifications expérimentales des meilleures conditions géométriques, physiologiques et psychologiques d'obtention d'une sensation de relief correcte, identique à celle donnée par l'objet réel, j'ai été amené à utiliser simultanément deux disques stroboscopiques, l'un opaque aux rayons X pour les sources, l'autre opaque à la lumière pour les yeux.

Il y a avantage à substituer à leur liaison mécanique leur entraînement par deux moteurs synchrones, présentant un dispositif de réglage dans le tour qui permet à volonté, suivant le procédé utilisé, l'occlusion périodique de l'un des yeux, simultanément à l'une ou l'autre des deux sources.

Lorsque, au lieu d'observer directement l'écran fluorescent à travers le disque stroboscopique oculaire, on interpose un miroir incliné à 45°, on supprime les inconvénients et les erreurs possibles provenant de l'obtention d'un relief symétrique de celui de l'objet examiné.

La méthode précédente permet l'observation aisée du relief thoracique. Elle peut s'appliquer au dispositif utilisant la bobine d'induction, à la condition de supprimer les battements optiques par la synchronisation rigoureuse des interruptions électriques et des occultations des disques stroboscopiques. Elle est applicable immédiatement aux appareillages à « contact tournant » redressant le courant alternatif à haute tension d'un transformateur.

Mais sa réalisation la plus simple, qui est le montage en opposition de deux tubes Coolidge à radiateur, utilisant les deux alternances, conduit à la suppression du disque stroboscopique radioopaque, et ramène à la méthode imaginée, dès 1901, par M. Villard, puis reprise plus récemment par

Caldwell. L'auteur américain avait éprouvé, pour la synchronisation correcte des occultations oculaires, des difficultés que nous avons surmontées par l'emploi du dispositif ci-dessus sommairement décrit.

Il est à remarquer qu'outre la facilité d'égalisation des ombres projetées par les deux sources et la possibilité de montage direct sur alternatif, le tube Coolidge à radiateur offre, dans tous les cas, l'avantage précieux de produire, en raison de ses petites dimensions, le minimum de déformation du relief.

PHYSIQUE. — *Sur une apparence de réflexion des rayons X à la surface des corps.* Note de M. **F. Wolfers**, présentée par M. G. Urbain.

Nous avons découvert ces phénomènes en faisant, dans un but différent, l'expérience suivante : Un film sensible à double couche, ou bien deux films simples superposés les couches en dehors, sont enroulés sur un cylindre de bois dont l'axe est normal à un large faisceau de rayons X sensiblement parallèles. Les rayons qui traversent tangentiellement les couches de bromure y sont fortement absorbés, et la couche intérieure projette sur l'autre une raie blanche. *Les noircissements de part et d'autre de cette raie sont très différents.*

Nous avons rattaché ceci au fait que, sur les radiographies, les contours osseux paraissent souvent frangés de noir, et nous avons entrepris l'étude détaillée de cet effet. Nos premiers essais ont montré que *le contour apparent de tout objet assez dense, projeté par rayons X sur une plaque peu éloignée, est bordé à l'extérieur d'une bande noire observable au microscope*, et assez nettement limitée [1]. Nous parlerons d'une réflexion apparente des rayons, car il ne peut s'agir d'une émission secondaire ordinaire; cela résulte notamment des expériences suivantes :

a. L'interposition d'écrans (jusqu'à 4^{mm} Al) ne modifie pas sensiblement la largeur de la bande noire, qui est donc due à des rayons analogues aux rayons incidents.

b. Si l'on projette une bille d'acier sur un film concentrique, le contour apparaît bordé d'une ligne noire qui s'élargit en proportion de la distance du film. De plus, avec des rayons mous, une ligne blanche borde l'intérieur du contour, où pourtant l'épaisseur de métal à traverser est la plus faible; ceci indique une zone d'où les rayons directs semblent déviés.

---

[1] Ces phénomènes n'ont aucune analogie avec les apparences signalées par M. Sagnac (*Comptes rendus*, t. 123, 1896, p. 880).

c. De la largeur de la bande noire, on peut déduire le plus grand angle des rayons correspondants avec la surface; on trouve presque toujours moins de vingt minutes.

La symétrie du dispositif et la brièveté des temps de force excluent toute explication par rayons de fluorescence ou corpusculaires ordinaires. Quant aux rayons diffusés, leur maximum dans la direction de propagation est beaucoup trop obtus : ainsi d'après les courbes de Debye (¹), l'intensité diffusée ne diminuerait de moitié que pour un angle de 10° avec des rayons de 0,2 U.Å., et pour des angles plus grands avec les rayons plus mous. On peut admettre que, sous des incidences rasantes, le pouvoir réflecteur des plans réticulaires, selon Bragg, devient considérable; la réflexion se produirait alors sur les plans réticulaires les plus superficiels des corps cristallins, et à la surface, supposée organisée, des liquides. Les corps se comporteraient alors pour les rayons X comme feraient pour la lumière de vastes miroirs infiniment bosselés.

Au point de vue expérimental rien n'a été fait pour l'incidence rasante; le plus petit angle des rayons avec la surface était de 5° chez Bragg (²) et de 2° environ chez Moseley et Darwin (³). Il serait donc possible qu'il s'agisse d'une *sorte de réflexion* régulière, qui se raccorderait avec l'effet récemment observé par Holweck (⁴) pour des rayons très mous.

Notre phénomène obéit aux lois suivantes, qui seraient conciliables avec cette manière de voir :

1. Les plaques utilisées, les temps de pose, les milieux interposés, sont *sans action* notable.

2. Le faisceau supposé réfléchi est *d'autant plus intense* que la surface réfléchissante est formée d'atomes plus lourds. Nous nous proposons d'étudier plus tard l'épaisseur utile. L'effet est très intense avec tous les métaux usuels et le mercure; il est notable avec l'aluminium, le verre (surtout à base de plomb); le mica est moins efficace; l'action du bois, du celluloïd, est nulle. L'étude des dissolutions paraît devoir être intéressante.

3. La *largeur du faisceau*, définissant l'*angle maximum* des rayons avec la surface, est *indépendante du rayon de courbure* et du degré de poli; la bande suit et contourne les rugosités.

4. Cet angle dépend très peu ou ne dépend pas de la *nature du réflecteur*.

(¹) Debye, *Ann. Phys*, t. 1, 1915, p. 809.

(²) Bragg, James et Bosanquet, *Phil. Mag.*, t. 1, 1921, p. 309.

(³) Moseley et Darwin, *Phil Mag.*, t. 26, 1913, p. 210.

(⁴) Holweck, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 570.

5. Il est *exactement proportionnel à la distance de la couche sensible à la ligne de contact* des rayons tangents, si cette distance ne dépasse pas 2^{cm} environ; au delà la bande est trop floue pour des mesures précises.

6. L'angle maximum *décroît régulièrement avec la longueur d'onde* dans tout le domaine des rayons X usuels (de 9′ à 17′ par exemple, toutes choses égales d'ailleurs dans une série d'expériences).

7. Enfin, la bande n'est pas d'une teinte uniforme; elle est *plus noire dans la partie éloignée du contour*.

En opérant avec un bon miroir de bronze, on voit une ligne noire qui, s'écartant de la surface à mesure qu'on éloigne la plaque, donne l'impression d'être la trace d'un véritable faisceau réfléchi.

Cependant, malgré tout ce qui précède, *l'hypothèse d'une réflexion est tout à fait insuffisante* pour rendre compte de certaines particularités. Les faits suivants paraissent bien difficiles à expliquer actuellement :

1° Le diamètre de la projection de l'objet sur la plaque sensible semble un peu *plus grand* que le diamètre calculé de l'ombre géométrique. La différence correspond à peu près à la largeur (30 à 60μ) de la *ligne blanche* signalée plus haut (en *b*) dans le cas des rayons mous; donc, celle-ci *empiète sur la pénombre*. La pénombre est d'ailleurs *masquée entièrement* par la bande noire, bien que sa largeur calculée serait plus grande;

2° La largeur de la bande noire dépend essentiellement de l'*orientation de l'anticathode*. Le foyer se comporte à cet égard à peu près comme s'il était lumineux et projetait une pénombre sur la plaque. Ainsi, l'anticathode étant vue par la tranche, la largeur de la bande est maxima aux points où la surface focale se projette normalement au contour; la largeur devient au contraire très faible, sinon nulle, là où le foyer lui apparaît tangent. Ceci éveillerait l'idée d'une polarisation;

3° Enfin, la largeur de la bande est *inversement proportionnelle* à la distance entre la cathode et le contour apparent de l'objet; ceci aux erreurs d'expérience près, soit environ 5 pour 100.

D'autres expériences sont en cours pour tenter d'éclaircir ces points.

PHYSIQUE. — *Du magnétisme des aciers.*

Note de M. **Hector Pécheux**, transmise par M. A. Blondel.

L'étude de la perméabilité et de l'hystérésis des aciers et de certains alliages du fer a donné lieu à un certain nombre de travaux (Wilson,

Rowland, Hopkinson, Ewing, Steinmetz, P. Weiss, Osmond, A. Blondel, Morris, P. Curie, H. Le Chatelier, Benedicks).

J'ai examiné récemment quelques aciers au carbone, *à faible teneur en manganèse*, lesquels m'ont fourni des résultats que je crois devoir signaler. J'ai recherché l'influence du *recuit*, et de la *trempe après recuit*, sur les caractéristiques magnétiques de ces aciers. Mes essais ont porté sur trois échantillons en forme de barreaux cylindriques (diamètre : 11^{mm}; longueur : 15^{cm} soumis successivement : 1° à un recuit vers 900°, après forgeage et rectifiés au tour; 2° à une trempe à l'eau à 17° (les barreaux ayant été réchauffés au préalable à 800°, et pendant une demi-heure, dans un tube de porcelaine chauffé par un four à gaz). La méthode de mesures (du champ magnétisant et de l'induction magnétique) était la même que celle que j'ai déduite à propos du *nickel* (¹).

Chaque échantillon a été soumis, sous ses deux états physiques, à un cycle complet d'aimantation. Ces cycles, et les courbes de première aimantation m'ont fourni les résultats consignés aux Tableaux B et C ci-après (les aciers sont numérotés 1, 2, 3). $\mathcal{H}_m$ est le champ correspondant au maximum de perméabilité (courbes de première aimantation); $\mathcal{H}_c$ est le champ coercitif; $\mathfrak{B}_r$ et $\mathfrak{B}_l$ sont respectivement l'induction *rémanente*, et l'induction *limite* (en unités électromagnétiques C. G. S.); *cette dernière* correspond à $\mathcal{H} = 25$ gauss. L'analyse chimique, faite sur les *aciers trempés*, a donné la composition suivante (Tableau A) :

TABLEAU A.

Aciers.	Carbone total pour 100.	Manganèse. pour 100.	Silicium.	Phosphore.	Nature.
1........	3,3	8,2	0,4	1,2	demi-doux
2........	5	7,3	0,3	0,8	demi-dur
3........	6,4	7,9	0,3	1,6	dur

N. B. — Le carbone est complètement combiné dans les aciers 2 et 3.

TABLEAUX B ET C.

	B. — Aciers forgés et recuits.			C. — Aciers trempés.		
Nos.	1.	2.	3.	1.	2.	3.
$\mathcal{H}_m$...	3	4,5	6,5	»	»	»
$\mathcal{H}_c$...	3,5	5	8	9	11,5	13
β_r....	3500	3150	3750	2750	1400	1550
β_l....	6600	5850	5650	4530	2600	2700

(¹) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1134.

I. L'examen des Tableaux B et C et des courbes de première aimantation montre que :

a. Pour les *aciers forgés et recuits*, la perméabilité *décroît* dans le sens 1, 2, 3 (celui de la teneur *croissante* en carbone); le champ coercitif *croît* avec la teneur en carbone; l'écart (plus faible) entre les courbes 2 et 3 ne correspond pas à l'écart des teneurs en carbone (plus accentué); remarquons que l'acier 3 est plus riche en *manganèse* que l'acier 2.

b. *La trempe accroît* très sensiblement le champ coercitif de chaque acier en même temps que l'induction rémanente *décroît* (et ceci, d'autant plus qu'il y a plus de carbone). Les perméabilités *décroissent* dans le sens 1, 3, 2, la perméabilité de 3 étant, cette fois, supérieure à celle de 2 (malgré une plus grande teneur en carbone) : il semble donc que le *manganèse* tend *à relever* cette perméabilité; son effet *contrarie* celui du carbone, dans les aciers trempés.

II. J'ai trouvé, pour le coefficient *a* de la formule de Steinmetz,

$$W_y = a\mathfrak{B}^{1,6}$$

(hystérésis en ergs par centimètre cube), et, à l'aide des cycles d'aimantation les valeurs suivantes :

Nos.	Aciers recuits (a).	Aciers trempés (a').	$\frac{a'}{a}$.
1	0,0067	0,0161	2,4
2	0,0090	0,0241	2,5
3	0,0128	0,0284	2,2

Le relèvement plus grand du coefficient *a*, en passant de l'acier recuit à l'acier trempé, est surtout manifeste pour l'acier n° 2 (de perméabilité moindre après trempe).

N. B. — Le coefficient de *dureté* Brinell, mesuré sous 3000^{kg} avec une bille de 10^{mm} de diamètre, sur les aciers trempés, m'a donné les résultats ci-après : pour 1, 251; pour 2, 354; pour 3, 454; la dureté dépend donc exclusivement de la teneur en carbone : le manganèse est sans influence.

PHOTOGRAPHIE. — *Sur la sensibilité des plaques photographiques aux sels de mercure.* Note (¹) de M. G. **Athanasiu**, présentée par M. Villard.

L'emploi que j'ai fait des sels de mercure dans des actinomètres (²) m'a conduit à étudier à nouveau la sensibilité à la lumière des sels halogénés de

(¹) Séance du 7 mai 1923.

(²) G. Athanasiu, *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 214.

mercure, et à chercher leur sensibilité relative dans diverses régions du spectre.

Lüppo-Cramer [1] a déjà cherché à préparer des plaques photographiques avec ces sels : il a étudié les plaques au gélatino-iodure-mercurique (HgI^2) et mercureux (Hg^2I^2); il trouvait que les plaques au bromure (Hg^2Br^2) et au chlorure mercureux (Hg^2Cl^2) n'étaient pas assez sensibles et les a abandonnées : le chlorure en particulier ne lui donnait aucune impression.

En reprenant cette étude, j'ai trouvé que les plaques au Hg^2Cl^2 et surtout celles au Hg^2Br^2 sont encore assez sensibles, *mais* que *cette sensibilité est limitée à la région ultraviolette du spectre*.

Pour la préparation de ces plaques j'emploie la méthode connue pour les sels d'argent sous le nom d'émulsification en liqueur acide [2], toutefois je laisse mûrir l'émulsion pendant 3 heures à une température de 60°-70° C.

Je me suis d'abord proposé de faire une estimation rapide de la sensibilité de ces plaques dans le spectre, sans recourir aux mesures spectrophotométriques; j'ai cherché simplement les durées d'exposition minima pour lesquelles une lumière monochromatique impressionne ces plaques.

1. *Sensibilité relative des plaques différentes pour une même radiation.* — Plusieurs photographies du spectre d'une lampe à vapeur de mercure sont prises, sur chaque plaque, avec des expositions différentes. On développe dans un révélateur toujours neuf, de même concentration et maintenu à une température constante. Après 3 minutes de développement on lave le cliché et on le fixe s'il est nécessaire. Les plaques une fois sèches on cherche pour chacune d'elles le temps d'exposition pour lequel la raie considérée est visible. Les rapports de ces temps, pour deux plaques, sont considérés comme donnant l'inverse du rapport de leurs sensibilités à la radiation considérée.

Les résultats obtenus sont résumés dans le Tableau suivant :

La dernière ligne du Tableau donne, à titre de comparaison, les temps d'apparition pour une plaque à bromure d'argent lente (Lumière, étiquette rouge) pour quelques raies du spectre.

---

(1) *Phot. Corresp.*, 1903, p. 611; 1904, p. 110; 1905, p. 113.

(2) J.-M. EDER, *Handbuch d. Phot.*, 1903. Hef, t. 10, p. 371.

Source lumineuse : lampe à vapeur de mercure dans le quartz

(220 watts = 80 volts × 2,75 ampères).

Appareil dispersif en quartz. Largeur de la fente = $0^{mm},054$.

λ en angstroms	5790.	5460.	4916.	4358.	4046.	3650.	3130.	2967.	2536.	2482.
Énergies rayonnées rapportées à la raie verte	0,63.	1.	0,06.	0,7.	0,38.	0,53.	0,36.	0,11.	0,17.	
Temps (en secondes) au bout duquel les raies apparaîtront pour : HgI^2	2	1	16	2	4	4	8	32	120	480
Hg^2I^2	-	240	180	16	32	16	24	90	180	240
Hg^2Br^2	-	-	-	-	960	12	6	24	960	-
Hg^2Cl^2	-	-	-	-	-	240	60	120	480	-
AgBr	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{2}$	-	-	-	-	-	$\frac{1}{30}$	$\frac{1}{20}$

2. Pour indiquer, en première approximation, les *sensibilités relatives d'une même plaque pour des radiations différentes*, il est nécessaire de connaître, en outre, le rapport des énergies correspondant aux diverses radiations utilisées.

Je me suis contenté de déduire ces rapports des mesures faites par Ladenburg (¹) sur une lampe dont le régime (85 volts × 2 ampères) était comparable à celui de la lampe que j'utilisais.

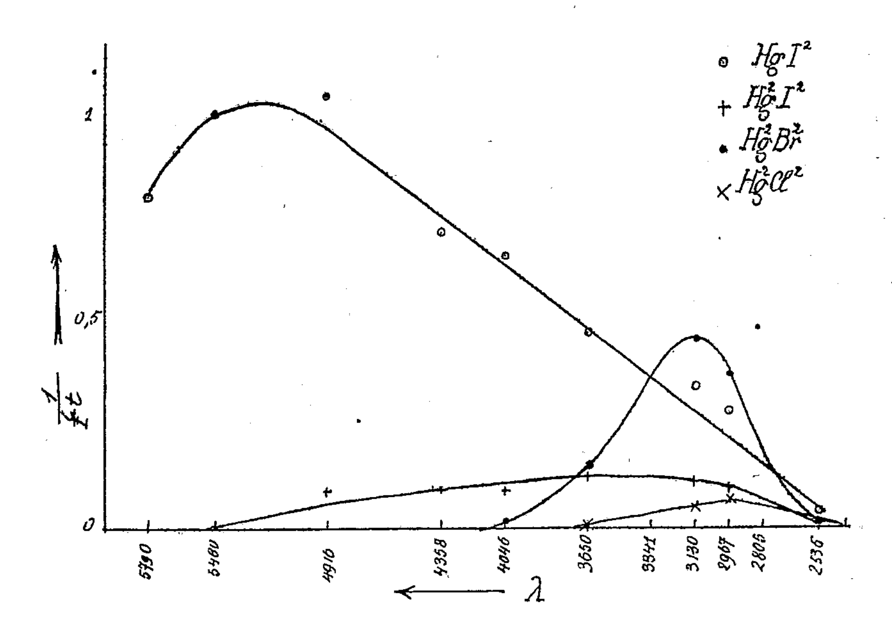
Si l'on prend pour ordonnées les valeurs de l'expression $\frac{1}{\mathfrak{z} t}$ $\left(\text{où } \mathfrak{z} = \frac{i}{I}\right.$ est le rapport de l'intensité de la radiation considérée à celle de la raie verte$\left.\right)$, et pour abscisses les longueurs d'onde, on obtient les courbes de sensibilité ci-après :

Conclusions. — L'étude ainsi faite ne comporte évidemment pas une grande précision : cependant les conclusions suivantes apparaissent nettement.

Les plaques au HgI^2 sont les plus sensibles, avec un maximum dans le vert, ensuite la sensibilité décroît vite et uniformément en même temps que la longueur d'onde. Pour toutes les radiations étudiées elles restent moins sensibles que les plaques aux sels d'argent, au moins avec les révélateurs que j'ai employés (sulfate de méthylparamidophénol). Leur emploi comme plaques orthochromatiques sans écran pourrait être, néanmoins, très commode pour des travaux qui exigent une moindre sensibilité dans le bleu et le violet que dans le jaune et le vert.

(¹) *Ph. Zeit.*, t. 5, 1904, p. 525.

Les plaques au Hg^2I^2, moins sensibles que les précédentes, sont impressionnées par la raie verte 5460, mais ne le sont pas par la raie jaune 5790. La sensibilité est maximum vers 3300.



La région de sensibilité des plaques au Hg^2Br^2 commence un peu avant la raie 4046 et présente un maximum très accusé vers 3130, la sensibilité diminue ensuite très vite. Ces plaques sont remarquables par une grande finesse de grain.

Les plaques au Hg^2Cl^2 sont les moins sensibles, les radiations actives débutent à 3650, le maximum se produisant vers 2967. Dans l'ultraviolet extrême elles sont toutefois plus sensibles que les plaques au Hg^2Br^2.

Les plaques au Hg^2Br^2 et Hg^2Cl^2 n'étant sensibles que pour des radiations fortement absorbées par le verre, il est extrêmement difficile d'obtenir avec elles un positif en partant d'un négatif en verre. C'est ce qui explique l'échec des essais de Lüppo Cramer.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la formation de l'onde explosive.* Note de M. P. **Laffitte**, présentée par M. H. Le Chatelier.

L'objet de nos recherches a été d'étudier les conditions de formation de l'onde explosive dans les mélanges gazeux détonants. Nous avons choisi le

mélange de sulfure de carbone et d'oxygène qui produit une flamme douée d'un grand pouvoir photogénique; son explosion a lieu suivant l'équation

$$CS^2 + 3O^2 = CO^2 + 2SO^2.$$

Nous avons déterminé la longueur parcourue par la flamme depuis l'allumage du mélange détonant jusqu'à l'établissement de l'onde explosive en opérant dans des tubes cylindriques en verre de diamètre variable.

Le principe de la méthode employée est l'enregistrement photographique utilisé pour la première fois par Mallard et Le Chatelier [1]. Dans les expériences de ces auteurs, une plaque photographique passait devant l'objectif avec un mouvement de translation acquis à la suite d'une chute libre; cette plaque a été remplacée par un papier photographique enroulé sur un cylindre de 75^{cm} de circonférence auquel était communiquée une vitesse de rotation uniforme; le film se déplaçait avec une vitesse linéaire de $22^{m},50$ par seconde dans les expériences rapportées ici. Le mélange gazeux explosif était obtenu par passage de l'oxygène dans deux saturateurs contenant le sulfure de carbone et maintenus à 15°; à cette température la tension de vapeur du sulfure de carbone est exactement le tiers de la pression atmosphérique et le mélange obtenu a la composition désirée. L'inflammation était provoquée par une étincelle électrique jaillissant à l'une des extrémités du tube entre deux fils de cuivre. Les tubes étaient en verre ordinaire, leur surface intérieure bien lisse et sans discontinuité. Les diamètres ont varié de 7^{mm} à 53^{mm}. Le tableau suivant résume le résultat de nos expériences. La première colonne donne les diamètres des tubes et la deuxième la longueur de combustion correspondante, c'est-à-dire la longueur parcourue par la flamme avant l'établissement de l'onde explosive.

Diamètre (en millimètres).	Longueur de combustion (en centimètres).
6,5-7	48
10	50
24-25	58
34-35	84
43-44	103
53-54	131

Sur les photographies, on voit très nettement une zone courbe représentant la période de combustion à vitesse variable, puis à partir d'un point

(1) *Annales des Mines*, 8e série, t. 4, 1883, p. 274.

bien déterminé (accentué par le retour en arrière d'une onde de choc) l'onde explosive se propageant à vitesse constante et dont l'image est par conséquent limitée par une ligne droite. La photographie n° 1 a été obtenue avec un tube de 25-26^{mm} de diamètre et de 2^{m} de longueur. Des bandes de papier noir collées sur le tube tous les 50^{cm} indiquent sur la photographie les longueurs comptées à partir du commencement du tube. On voit que l'onde a pris naissance 58^{cm} après l'allumage. Dans la photographie n° 2,

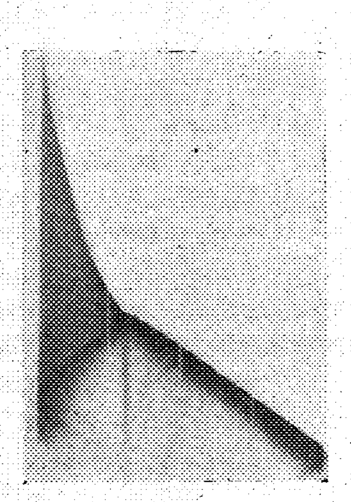


Photo n° 1.

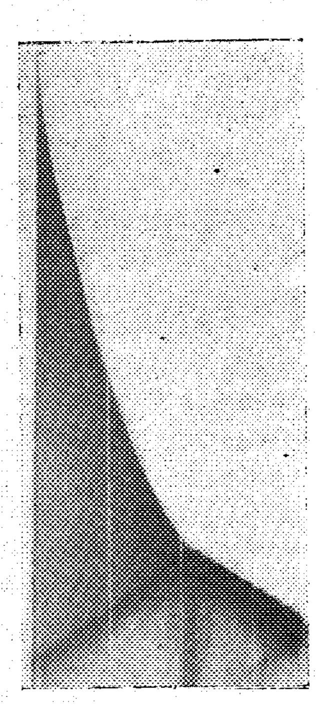


Photo n° 2.

représentant l'explosion dans un tube de 43-44^{mm} de diamètre et de 1^{m},80 de long, elle a pris naissance après une longueur de combustion de 1^{m},03.

On peut reporter les résultats du tableau précédent sur une courbe (*fig.* 3) en portant en abscisses les diamètres des tubes et en ordonnées les longueurs de combustion. On voit qu'à partir d'un diamètre de 25^{mm} environ, cette longueur de combustion est sensiblement proportionnelle au diamètre du tube.

Il peut arriver que la formation de l'onde explosive soit retardée ou avancée, c'est-à-dire qu'elle se forme après un parcours différent de celui

indiqué par l'ordonnée du point correspondant de la courbe précédente. Ceci se présente dans deux circonstances :

1° Lorsque la composition du mélange gazeux est telle que la quantité

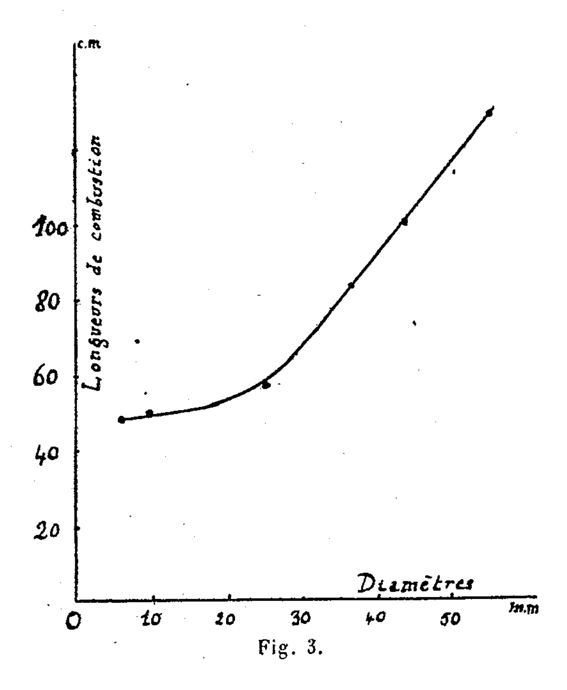


Fig. 3.

de sulfure de carbone diffère de plus de 1 pour 100 de la valeur théorique $CS^2 + 3O^2$, l'onde s'établit avec des retards plus ou moins importants suivant la composition du mélange.

2° Si la surface intérieure du tube dans lequel se propage d'abord la combustion, puis l'onde explosive, n'est pas parfaitement propre et lisse, l'onde peut prendre naissance beaucoup plus rapidement; elle se forme souvent à l'endroit d'une discontinuité ou d'un obstacle, par exemple à la jonction de deux tubes de même diamètre lorsqu'on les place bout à bout dans le prolongement l'un de l'autre. De même si l'on met dans le tube sur toute sa longueur une traînée de sable, l'onde prend naissance au bout d'une longueur bien plus courte que dans les circonstances habituelles. Ainsi dans une expérience faite avec un tube de 35^{mm} de diamètre avec du sable, l'onde explosive s'est formée à 45^{cm} de l'extrémité où a eu lieu l'allumage.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Purification des liquides par l'action simultanée de la force centrifuge et du champ électrique.* Note de MM. **Alfred Marx** et **Jean Rozières**, présentée par M. Brillouin.

On connaît les difficultés et même souvent les impossibilités que l'on rencontre lorsqu'on veut séparer industriellement les matières colloïdales des fluides qui les contiennent en suspension.

Pour réaliser ces séparations, des recherches ont été faites dans deux ordres d'idées absolument différents, en faisant agir soit la force centrifuge, soit l'électricité.

En essayant d'obtenir la précipitation des colloïdes par la force centrifuge on a été amené, pour enlever la totalité des colloïdes suspensoïdes, à considérer comme nécessaire une force centrifuge de 30000 fois la pesanteur environ.

Il faut en effet que l'accélération centrifuge créée par l'appareil soit toujours très supérieure à la composante radiale moyenne de l'accélération instantanée brownienne.

Mais des appareils réalisant une telle force centrifuge n'ont pu être réellement employés dans l'industrie que dans des cas très particuliers, parce que le volume libre qu'ils offrent pour le logement des impuretés colloïdales séparées est excessivement réduit.

La précipitation électrique des colloïdes qui a donné d'excellents résultats dans les milieux à faible viscosité comme les gaz, n'a plus donné que des précipitations extrêmement lentes dans les hydrosols où la vitesse de précipitation n'est plus que de 4×10^{-4}cm pour un gradient de 1 volt-centimètre.

Dans les oléosols les essais Claude Haynes Hall junior (1) ont prouvé que dans les huiles de transformateurs on n'avait pas pu obtenir de précipitation de colloïdes, même à 20000 volts-centimètres de gradient. Ces résultats négatifs étaient dus à la résistance considérable ($1,5 \times 10^{16}$ohms) et à la forte viscosité (2° Engler environ) de l'huile.

Le problème de la précipitation des colloïdes n'était donc pas résolu en pratique dans la grande majorité des cas.

Nous avons trouvé une solution qui supprime toutes les difficultés :

Cette solution consiste à superposer les deux actions : celle de la force

(1) *The Journal of Amer. Chem. Soc.* juin 1922.

centrifuge et celle de l'électricité, dans un même appareil nommé Séparateur Électro-Centrifuge, qui se compose en principe d'un bol tournant à grande vitesse où le liquide est placé entre deux parois à des potentiels aussi différents que possible.

En opérant sur de l'huile usagée provenant de transformateurs et décantée pendant 3 semaines, les constatations suivantes ont été faites :

Avec un séparateur centrifuge ordinaire muni d'un bol de $0^{m},60$ de diamètre tournant à une vitesse de 2700 tours, une portion assez faible des matières colloïdales se dépose sur la paroi du séparateur, mais la plus grande partie reste en suspension dans le liquide, quel que soit le temps pendant lequel on poursuit l'opération.

D'autre part, l'action électrique sans centrifugation ne produit aucun déplacement des particules colloïdales, quels que soient également la durée de l'opération et le voltage employé.

Or, en soumettant le liquide pendant 5 minutes seulement à l'action simultanée de la force centrifuge et d'une différence de potentiel de 40000 volts (ce qui correspond à un gradient de 4000 volts-centimètres, les électrodes étant distantes l'une de l'autre de 10^{cm}), le liquide devient absolument clair.

Pour obtenir cette différence de potentiel, on utilise un courant contenu 110 volts aboutissant à un transformateur 110/40000 volts et l'on dispose sur un des fils d'arrivée du courant continu un rupteur rotatif coupant et rétablissant le courant 14000 fois à la minute, le pôle + étant constitué par le bâti de l'appareil et la paroi extérieure du bol qui est en acier, et le pôle — par trois fils circulaires en cuivre isolés du bol, soutenus par les ailettes d'entraînement du liquide, d'un diamètre de 40^{cm}.

Ce dispositif donne évidemment des impulsions dans les deux sens aux impuretés colloïdales, mais les impulsions vers la paroi du bol sont prépondérantes. D'ailleurs, en inversant les arrivées de courant, l'action électrique se produit en sens contraire de l'action centrifuge, et l'on n'obtient pas de clarification.

Pour avoir une mesure exacte des résultats obtenus, on les a contrôlés en constatant la résistance électrique de l'huile dans les divers cas expérimentés, résistance appréciée par le nombre de volts auquel se produisait l'étincelle de rupture, — entre deux pointes écartées de 10^{mm} et plongées dans l'huile, — dans chacun desdits cas :

1° L'expérience a été faite avec de l'huile usagée, laissée au repos pendant 3 semaines avant tout traitement.

L'étincelle de rupture était obtenue par une différence de potentiel de 19000 volts.

2° Le liquide était traité dans le séparateur centrifuge, avec adjonction d'une différence de potentiel, décrit ci-dessus.

Au bout des 5 minutes d'essai, l'étincelle de rupture, dans les mêmes conditions d'expérience, s'est produite pour une différence de potentiel de 31000 volts.

(Le traitement par l'appareil centrifuge dans les mêmes conditions d'expérience et sans le concours de l'électricité n'élevait que de 3000 volts le voltage de 19000 volts de l'huile usagée.)

Dans tous les essais analogues qui ont été effectués, des résultats semblables ont été constatés.

On peut donc dire que le problème de la séparation des matières colloïdales suspensoïdes est absolument résolu par le concours simultané de la force centrifuge et de l'électricité.

CHIMIE MINÉRALE. — *Préparation à basse température du métaphosphate de sodium.* Note de M. **Paul Pascal**, présentée par M. H. Le Chatelier.

La famille si complexe des métaphosphates est constituée par des sels qui, au cours de leur préparation, ont été soumis à une température parfois fort élevée; leur degré de condensation moléculaire dépend souvent de la vitesse de chauffe et de refroidissement, et il n'est pas rare de les obtenir sous forme d'un mélange de polymères.

Des anomalies rencontrées dans l'étude magnétique de ces sels m'ont conduit à tenter la préparation d'un métaphosphate alcalin à une température aussi basse que possible; j'ai réussi dans cette voie, sans m'écarter beaucoup de la température ordinaire, en passant par l'intermédiaire du métaphosphate d'éthyle.

Métaphosphate d'éthyle. — On sait que l'anhydride phosphorique laissé au contact d'éther anhydre y gonfle peu à peu en une gelée colloïdale translucide, qui se transforme bientôt en un liquide visqueux. Cette curieuse réaction, dont je poursuis l'étude physico-chimique, ne fournit pas un produit absolument défini. Une partie en est insoluble, ou peu soluble, dans les rares dissolvants du métaphosphate d'éthyle, et correspond peut-être aux métaphosphates insolubles de Maddrell; sa proportion peut atteindre 8 à 10 pour 100 du poids total de la préparation, au moins quand la préparation a été faite à la température d'ébullition de l'éther.

La cryoscopie du métaphosphate d'éthyle [1] a pu être réalisée dans le naphtalène; elle lui assigne un poids moléculaire égal à 662-692, alors que la formule $(PO^3C^2H^5)^6$ correspondrait à 648. Cet éther paraît donc constitué principalement par un hexamétaphosphate du type des sels alcalins de Graham, et l'on y retrouve le souvenir de la condensation moléculaire si marquée de l'anhydrique phosphorique.

Métaphosphate de sodium. — L'éthylate de sodium en léger excès, et bien exempt d'alcool, réagit violemment sur le métaphosphate d'éthyle; il y a formation d'un sel alcalin et départ d'éther; nous serons amenés par la suite à formuler la réaction

$$(PO^3C^2H^5)^6 + 6C^2H^5ONa = 6PO^3Na + 6(C^2H^5)^2O.$$

Il faut modérer la double décomposition en versant le métaphosphate en mince filet dans un grand excès d'éther anhydre, violemment agité, où flotte l'éthylate pulvérisé; la température reste alors limitée à 35°-40°.

Le produit de la réaction est une masse visqueuse translucide, légèrement colorée en brun, et piquetée de petits points d'éthylate qui ne disparaissent pas toujours sous l'action d'un malaxage énergique. Des lavages à l'alcool tiède, à l'éther et au chloroforme anhydres décomposent et enlèvent l'éthylate qui n'a pas réagi, ainsi que la majeure partie des phosphates et métaphosphates éthyliques. La purification n'est cependant jamais complète par cette voie, car le sel de sodium retient toujours des éthers-sels dans lesquels il paraît soluble en toutes proportions. C'est seulement par chauffage à 250°-300° dans le vide absolu qu'on obtient un sel absolument pur, identique d'ailleurs à celui qui résulterait d'une fusion au rouge de la matière brute.

Au maximum de pureté le métaphosphate de sodium se présente alors sous la forme d'un sel incristallisable, très soluble dans l'eau, avec réaction neutre (P^2O^5 70,75 — 70,05 pour 100, au lieu de 69,60); il présente tous les caractères habituels de métaphosphates, qui seraient cependant un peu masqués vis-à-vis du baryum s'il y restait encore un peu de métaphosphate d'éthyle.

Dissous dans l'eau, notre sel de sodium en abaisse le point de congélation d'une façon beaucoup plus marquée que les polymétaphosphates étudiés par Tammann et pae Wiesler. Soit qu'on l'étudie avant l'enlèvement

(1) Purifié par précipitations fractionnées de sa solution chloroformique à l'aide d'éther anhydre.

de ses impuretés organiques (¹), soit qu'on l'ait chauffé à 250° ou au rouge pour l'avoir pur, son poids moléculaire apparent tend en solution diluée vers la même limite : 51 environ.

Concentration. pour 100.	Sel brut.	Chauffé à 250°.	Fondu au rouge.
0,36	M = 52,8	M = 52	M = 48
0,618	55,2	»	»
0,953	60,8	»	»

C'est précisément la valeur correspondant à la dissociation complète en ses ions du métaphosphate normal ($PO^3Na = 2 \times 51$) qui n'avait pas encore été signalé.

Nous avons donc obtenu, et parfois sans que la température dépasse 50° à 60°, un métaphosphate de sodium nettement différent des polymères connus depuis Graham; il a les propriétés qu'on pouvait attendre du sel normal PO^3Na et sa constitution ne se modifie pas quand on le porte aux environs de 800°.

Il semblerait donc qu'il ne faille pas voir dans leur température élevée de formation la cause de la condensation moléculaire des polymétaphosphates. Comme dans le cas des polysilicates et des pyrophosphates, il est plus simple d'admettre que leur formation avec perte d'eau ou d'ammoniac résulte de réactions *inter*moléculaires, plutôt que d'une réaction *intra*moléculaire suivie de polymérisation. Nous venons d'ailleurs de donner une preuve de l'instabilité relative de certains de ces complexes, puisque nous sommes passés d'un hexamétaphosphate à un monométaphosphate.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la tétraméthylglycérine.* Note de MM. **Pastureau** et **H. Bernard**, présentée par M. Béhal.

Les véritables homologues de la glycérine, c'est-à-dire les triols ayant leurs trois oxhydriles contigus, sont des substances rares.

M. Delaby a donné dernièrement (²) une méthode générale de préparation des glycérines monoalcoylées $R-CHOH-CHOH-CH^2OH$, à partir de l'acroléine, qui traitée par un organomagnésien donne l'alcoylvinylcarbinol correspondant. Celui-ci fixe deux atomes de brome sur sa

(¹) Mais alors en tenant compte de l'effet cryoscopique de ces éthers-sels.

(²) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 967.

double liaison et la dibromhydrine est ensuite transformée en acétine, puis en glycérine.

Paal et Zahn (¹) ont obtenu des glycérines diarylées

$$CH^2OH - CHOH - C(OH)\begin{matrix} \diagup Ar \\ \diagdown Ar \end{matrix}$$

en faisant agir les organomagnésiens arylés sur le glycérate de méthyle

$$CH^2OH - CHOH - COOCH^3.$$

Faworsky (²) a obtenu la pentaméthylglycérine à partir de l'isobutyrone, par une série de réactions assez compliquées.

L'an dernier, nous avons montré (³) que la chlorhydrine de l'oxyde de mésityle réagit sur l'iodure de magnésium méthyle pour donner la chlorhydrine de la tétraméthylglycérine

$$\begin{matrix} CH^3 \diagdown \\ CH^3 \diagup \end{matrix} \underset{OH}{C} - \underset{Cl}{CH} - \underset{OH}{C} \begin{matrix} \diagup CH^3 \\ \diagdown CH^3 \end{matrix}.$$

Le rendement de cette préparation varie de 40 à 60 pour 100.

Cette chlorhydrine nous a permis d'atteindre assez facilement la tétraméthylglycérine

$$\begin{matrix} CH^3 \diagdown \\ CH^3 \diagup \end{matrix} \underset{OH}{C} - \underset{OH}{CH} - \underset{OH}{C} \begin{matrix} \diagup CH^3 \\ \diagdown CH^3 \end{matrix}.$$

Le passage par l'acétine ne donne que des résultats médiocres.

C'est la saponification directe par le carbonate de potassium en solution aqueuse qui nous a donné les meilleurs résultats.

Préparation. — La chlorhydrine en solution aqueuse est traitée à l'ébullition à reflux par deux fois la quantité théorique de carbonate de potassium. Au bout d'une demi-heure, la saponification est complète. On évapore à sec dans le vide ou au bain-marie. On extrait par l'alcool absolu. On évapore l'alcool. La tétraméthylglycérine cristallise. On la purifie, en la recristallisant dans un mélange d'éther anhydre et d'alcool absolu.

Le rendement de la préparation est d'environ 60 pour 100.

(¹) *Ber. d. D. chem. Ges.*, 1907, p. 1819.

(²) *Bull. Soc. chim.*, t. 2, 1913, p. 417.

(³) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1555. Cette Note contient une erreur : à la fin de la Note, *lire* : on recueille à part sous 20^{mm}, *au lieu de* : sous 200^{mm}.

Propriétés. — La tétraméthylglycérine se présente sous la forme d'aiguilles brillantes fondant à 99° au bloc de Maquenne.

Elle est très soluble dans l'eau, très soluble dans l'alcool absolu, à peu près insoluble dans l'éther anhydride et dans l'éther de pétrole.

Analyse. — Substance, $0^g,1290$; CO^2, $0^g,2715$; H^2O, $0^g,1225$; ce qui donne :

	Trouvé pour 100.	Théorie pour $C^7H^{16}O^3$.
C	57,3	56,75
H	10,55	10,81

La tétraméthylglycérine, oxydée par l'eau de brome et traitée en présence d'acide sulfurique, suivant la méthode de M. Denigès, par la codéine donne une coloration jaune fluorescente virant au rouge acajou. Dans les mêmes conditions elle donne avec la résorcine une coloration rouge cerise fluorescente.

Nous avons tenté de préparer le glycide de la tétraméthylglycérine

$$\begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix} \!\!>\! \underset{\diagdown O \diagup}{C \!-\! CH} - \underset{OH}{\overset{|}{C}} \!<\!\! \begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix}$$

en traitant la chlorhydrine par la potasse fondue et pulvérisée au sein de l'éther anhydre. Nous avons obtenu un liquide incolore à odeur camphrée que nous n'avons pas purifié par distillation, car nous étions parti d'une trop faible quantité de chlorhydrine.

Ce liquide s'hydrate instantanément en présence de l'eau et d'une goutte d'acide sulfurique dilué, et se transforme à peu près quantitativement en tétraméthylglycérine qui cristallise par évaporation.

Il est probable que les chlorhydrines des alcoyltriméthylglycérines, obtenues en faisant agir les alcoylmagnésiens sur la chlorhydrine de l'oxyde de mésityle, donneront aussi les glycérines correspondantes.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Une vérification du pouvoir antioxygène des polyphénols : Relation entre la « solidité à la lumière » des colorants sur fibre et la présence dans leur molécule de la fonction diphénol (ortho ou para).* Note de M. **Alfred Gillet**, présentée par M. Charles Moureu.

MM. Moureu et Dufraisse viennent d'attirer l'attention [1] sur la remarquable propriété des polyphénols — ajoutés même en faible proportion à

[1] *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 258; t. 175, 1922, p. 127; t. 176, 1923, p. 624 et 797. — *Bull. Soc. Chim.*, novembre 1922.

des corps très autoxydables — de rendre ceux-ci presque insensibles à l'autoxydation.

Les chimistes spécialistes de la teinture admettent, en général, que l'altération à la lumière des colorants sur fibre est due à une réaction photochimique dans laquelle le colorant, ou, plus exactement, l'ensemble (colorant + fibre), est attaqué par l'oxygène de l'air. Cette action nécessite la présence d'humidité et aurait pour premier stade la formation d'un peroxyde ([1]) au détriment soit de l'eau (H^2O^2), soit de l'oxygène lui-même (O^3), soit du colorant, soit de la fibre (ozonides).

De quelque manière qu'on envisage cette réaction, elle présente une grande analogie avec l'autoxydation de l'acroléine. L'action protectrice des polyphénols, étudiée systématiquement dans ses détails par MM. Moureu et Dufraisse sur l'acroéline ([2]), méritait d'être essayée sur les colorants sur fibre.

J'ai entamé des recherches dans ce sens, me plaçant au double point de vue suivant : 1° rôle de la fonction polyphénol dans la molécule du colorant lui-même; 2° action d'un polyphénol ajouté sur la fibre teinte.

Du premier point de vue j'ai entrepris une étude théorique, consistant à passer en revue les colorants consignés dans les Tables de Schultze et à les grouper en une double classification : (*a*) suivant la présence, la position et le nombre des groupements phénoliques dans la molécule; (*b*) dans chacune de ces catégories, suivant la solidité à la lumière, telle que l'indiquent les Tables.

La présente Note expose les premières inductions que j'ai pu baser sur cet examen.

En groupant les colorants azoïques « à l'acide » pour laine, on trouve : chez les monophénols (sans NH^2) : 22 colorants très solides (types de solidité 1 à 2 de Schultze), 38 colorants solides (types 2-3), 13 colorants assez solides (type 3), 8 peu ou pas solides (types 3-4, 5); chez les aminophénols : aucun très solide, 10 solides, 2 assez solides, un non solide; chez les polyphénols : un très solide, 4 solides, un assez solide, 4 peu solides. Tous les non-phénols sont relativement peu solides (types inférieurs au type 3), sauf ceux qui possèdent dans la molécule, en place d'un groupement OH, *en ortho ou para par rapport au groupement* azo, un groupe

---

([1]) C. Gillet, *Rev. gén. Mat. col.*, 1921, t. 24, p. 177; t. 25, p. 1, 22. — P. Sisley, *Revue Assoc. Chim. Ind. Textile*, décembre 1922.

([2]) *Loc. cit.*

NH — R (R = aryle ou acyle) ou un second groupe azo — N = N — Ar (disazoïques).

Passant aux colorants azoïques directs pour coton, nous trouvons un travail analogue fait en 1902 ([1]), dont les résultats mènent aux mêmes conclusions que le classement ci-dessus, fait pour les autres azoïques : ces colorants sont : 1° solides à la lumière s'ils dérivent de tétrazoïques copulés à des monophénols; 2° de solidités diverses pour des noyaux aminophénols (suivant la position des radicaux OH, NH^2); 3° fugaces pour les noyaux polyphénols; 4° fugaces pour toute molécule non phénol copulée.

De ces grandes lignes, complétées par une étude de détail, on peut dégager une relation, entre la solidité à la lumière et la constitution, qui n'est autre, semble-t-il, que celle qui relie la constitution au pouvoir antioxygène de telles molécules :

La condition de solidité à la lumière des azoïques serait *l'existence sur un même noyau, en position ortho ou para, de deux radicaux auxquels leur constitution confère le même pouvoir antioxygène, qualitativement, que les groupements* OH *de la pyrocatéchine ou de l'hydroquinone : radicaux* — N = N — Ar *et* OH; — N = N — Ar *et* NH — Ar *ou* NH — Ac; *deux* — N = N — Ar.

L'existence de plus de deux groupements de ce genre sur un même noyau rend au colorant sa fugacité; on peut admettre que ce fait est dû à une instabilité (analogue à celle des triphénols) relative de l'ensemble constitué par le noyau ainsi substitué : très vite altéré, cet ensemble cesse vite de protéger la fibre teinte contre l'oxydation.

Deux radicaux OH, ou deux de leurs analogues, en position méta, ne confèrent au colorant aucune solidité particulière : le parallélisme se maintient avec le polyphénol correspondant — la résorcine — qui n'est que très peu antioxygène.

La solidité des colorants du stilbène possédant un radical assimilable à OH en *o*- ou en *p*- par rapport au groupe — CH = CH — Ar permettrait, selon nous, de classer ce dernier parmi les groupes assimilables à OH.

Les oxazines et les thiazines sont en général assez solides : les deux atomes N et O, N et S, placés en *o*- l'un par rapport à l'autre sur des noyaux aromatiques, jouent vraisemblablement un rôle protecteur analogue à celui des deux OH dans la pyrocatéchine.

([1]) Brownlie, *Journ. of Soc. of Dyers and Colourists*, 1902, p. 288; *Rev. gén. des Mat. col.*, 1903, p. 45.

Les colorants pour mordants, souvent très solides à la lumière, doivent précisément leur propriété de se fixer sur mordants aux fonctions polyphénols de leurs molécules.

Les colorants de cuve, également très solides pour la plupart, se fixent d'abord sur fibre sous forme de composés à fonctions OH très autoxydables en milieu alcalin (comparer à l'hydroquinone).

On observe dans beaucoup de cas que les colorants développés sur fibre sont beaucoup plus solides à la lumière que les mêmes colorants ou leurs analogues fixés directement comme tels. Nous avons d'ailleurs constaté que des polyphénols, mis sur la fibre teinte, accroissent sa solidité. Or, il se forme, par réaction secondaire, des phénols à partir du diazoïque, dans le bain ou sur la fibre, pendant le développement. La présence de ces phénols explique la solidité relative du colorant.

En résumé, en dehors des colorants de la pyrazolone et des colorants pour coton rendus solides par un traitement aux sels de cuivre, la grande solidité à la lumière des colorants sur fibre est étroitement liée à la présence, dans la molécule, d'une fonction *o-* ou *p-* diphénol suffisamment stable par elle-même, la désignation fonction phénol s'étendant aux groupements de valeur énergétique approchant celle de OH : — N = N — Ar, NH — Ar, NH — Ac, — O — Ar, — SH, — SAr, par exemple.

Comme ces mêmes diphénols, présents sur la fibre teinte en tant que molécules étrangères au colorant, en accroissent la solidité, il s'agit bien, dans les deux cas, d'un effet du pouvoir antioxygène. On doit ajouter — quant à la valeur du groupe — OH dans la molécule d'un colorant — à son caractère d'auxochrome, son caractère d'antioxygène.

MÉTÉOROLOGIE. — *Étude des nuages par photographie synoptique* (Semaine des Nuages). Note de MM. **Ph. Schereschewsky** et **Ph. Wehrle**, présentée par M. R. Bourgeois.

La connaissance des nuages, chapitre capital de la Météorologie, ne peut faire de progrès que par la collaboration internationale des observateurs; cette maxime a déjà été reconnue et pratiquée il y a trente ans dans la période où fut établie la classification internationale des nuages encore en usage aujourd'hui (Hildebrandson et Teisserenc de Bort).

Nous avons donc montré précédemment (¹) que le moment était venu de

(¹) *Comptes rendus*, t. 175, 11 juillet 1922.

reprendre et de poursuivre le travail remarquable de nos prédécesseurs. Nous avons proposé, pour fondement aux recherches nouvelles le concept de système nuageux; en perfectionnant ce concept, on perfectionnera la classification et la nomenclature des nuages, tâche très importante que le Comité météorologique international a récemment décidé d'entreprendre sur l'initiative du colonel Delcambre.

Nous avons fait photographier simultanément le ciel dans un grand nombre de stations, répéter deux fois par jour cette expérience à 9^h et 15^h pendant 6 jours consécutifs et étudié synoptiquement les épreuves ainsi obtenues. L'avantage de cette méthode est de substituer aux descriptions trop souvent infidèles ou grossières que fournissent les mots, un document précis et qui laisse le moins de plan possible aux interprétations et aux erreurs de l'observateur. Les résultats obtenus ont d'autant plus de valeur que le réseau photographique est plus serré et couvre une plus grande étendue : même les océans ne doivent pas être négligés.

Une réalisation limitée en principe au territoire français a eu lieu dans la semaine du 15 au 21 janvier 1923. Son objet était moins d'obtenir des résultats scientifiques définitifs (la faible superficie de la France ne permet pas de les escompter avec certitude) que de préparer l'organisation d'une seconde étape dont le rendement scientifique fût aussi élevé que possible et qui s'étendrait à un grand nombre de pays ainsi qu'aux mers et aux océans.

Les résultats préliminaires obtenus au mois de janvier ont été assez favorables pour que nous proposions dès à présent de franchir la seconde étape dans la semaine d'équinoxe de l'automne 1923.

L'Université, les Sociétés de photographie, les Sections de photographie de l'Aéronautique militaire, la Marine, l'Agriculture et de nombreux correspondants bénévoles ont bien voulu collaborer avec les stations de l'Office national Météorologique. Plusieurs observateurs étrangers se sont aussi joints à nous.

Au total, 255 correspondants ont répondu à notre appel dont 233 en France et 22 dans les pays limitrophes. Le nombre des épreuves reçues atteint 2747. La densité moyenne des vues est de une pour 2700^{km^2}.

Divers résultats théoriques apparaissent déjà, notamment le passage continu des cumulus de traîne aux stratus anticycloniques, mais avant d'en faire état, il convient de les confirmer au cours de la seconde étape.

Les précautions qu'exigera cette dernière ou « Semaine internationale des nuages » ressortent nettement des documents reçus.

La collaboration internationale plus nécessaire encore qu'il y a 30 ans

doit être organisée cette fois avec des soins tout nouveaux et qui ne feront que croître à mesure que les recherches s'étendront.

D'une manière générale, il faut que les observations de nuages constituent une série dense et continue aussi bien dans le temps que dans l'espace. Nous demandons 3 photographies par jour à 7^h, 13^h et 18^h pendant 7 jours consécutifs. Cette condition qui doit commander toutes les recherches de la Météorologie dynamique n'avait pas été remplie il y a 30 ans lors de l'« Année des Nuages ».

Le groupement de toutes les photographies dans une même semaine s'oppose nettement à l'ancienne conception appliquée au lancement des ballons-sonde qu'on lançait à des jours longuement espacés dans l'année. On a enfin reconnu presque partout aujourd'hui que tout système d'observations doit être non seulement continu dans l'espace comme le veut la méthode synoptique ordinaire, mais aussi continu dans le temps puisque les quatre variables latitude, longitude, altitude et temps jouent un rôle également important dans l'étude des transformations du ciel.

On sait que le concept de système nuageux groupe dans une synthèse simple les nombreux « états du ciel » observés simultanément sur de vastes étendues. Il permet d'établir une nomenclature rationnelle des nuages où chacun serait nommé d'après le rôle qu'il joue dans l'ensemble du système. Pour établir effectivement cette nomenclature, il faut étudier l'emplacement de toutes les formes nuageuses possibles dans les divers systèmes nuageux, étudier pour ainsi dire l'anatomie du système. C'est une tâche considérable, encore inachevée et que le projet que nous venons d'exposer est destiné à mener à bien.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la conservation des graines dans les gaz inertes.* Note de M. **J. Houdas**, présentée par M. Guignard.

Nombre de graines perdent rapidement leur faculté germinative par suite de l'altération à l'air d'un ou de plusieurs de leurs constituants : huiles fixes, huiles essentielles, etc. Pour obvier à ces inconvénients on se voit obligé de semer les graines aussitôt après leur récolte ou de les mettre en stratification.

En 1910, à la demande de M. Poirault, directeur de la villa Thuret à Antibes, j'ai recherché s'il serait possible d'assurer la conservation des semences de *Gerbera Jamesoni* et de ses hybrides qui, au bout de quelques

semaines, ne donnaient plus aucune plantule quand on les mettait dans des conditions favorables à la germination.

Les graines de *Gerbera*, qui sont dépourvues d'albumen, renferment, dans toutes les cellules de l'embryon, de l'aleurone et de l'huile. Comme il semblait logique d'attribuer, du moins en partie, leur altération à l'action oxydante de l'oxygène de l'air, j'ai pensé que l'on pourrait empêcher cette oxydation en les conservant dans des gaz inertes. L'expérience a confirmé ces prévisions. Les gaz employés sont l'hydrogène et l'anhydride carbonique.

Le dispositif dont je me suis servi consistait en un tube effilé dans lequel on mettait un tampon de coton, puis les graines et un second tampon de coton à une petite distance duquel on produisait un étranglement dans le tube au moyen d'un jet de chalumeau. Après refroidissement on faisait passer un courant lent et prolongé d'un des gaz indiqués ci-dessus. Quand on supposait que l'oxygène de l'air avait complètement disparu, on fondait à la lampe les deux parties effilées du tube et l'on obtenait ainsi une ampoule renfermant les semences. On peut faire plusieurs ampoules successives sur le même tube, ce qui amène une grosse économie de gaz inerte. Les ampoules sont conservées à l'abri de la lumière.

Le premier envoi de graines de *Gerbera* m'est parvenu le 15 mai 1910. Mises à l'étuve à germination, ces graines ont commencé à donner des plantules le troisième jour; le douzième, toutes les bonnes semences s'étaient développées. Taux de germination : 95 pour 100.

Le 15 janvier, c'est-à-dire huit mois après, les graines ont été mises à germer :

Hydrogène......................	94 pour 100 de plantules
Anhydride carbonique	90 » »

Ces résultats m'ont encouragé à entreprendre une expérience de longue durée : des graines reçues fin mai ont été conservées comme il a été indiqué ci-dessus et essayées tous les ans :

	1912.	1913.	1914.	1915.	1916.	1917.
H............	90	92	89	94	90	94
CO^2..........	89	91	87	88	100	87

	1918.	1919.	1920.	1921.	1922.
H............	88	92	91	95	90
CO^2..........	90	85	88	86	89

Le nombre de plantules obtenues après onze années est assez voisin de celui que l'on observait au début de l'expérience. Le temps exigé pour la germination est resté le même. Les chiffres provenant de l'anhydride car-

bonique sont généralement un peu plus faibles que pour l'hydrogène : ceci doit tenir à ce que ce dernier gaz se diffuse plus facilement que le premier.

J'ai fait des essais semblables avec de nombreuses graines : les résultats ont été analogues. Lorsque les téguments séminaux sont très compacts, on devra maintenir longtemps les semences dans le courant de gaz inerte, sans quoi on s'expose à des insuccès.

Avant de terminer, je citerai le cas de graines de *Quinquina* (*ledgeriana, officinalis, succirubra*) [1] provenant d'un envoi de Java datant de deux années. Le taux de germination initial n'est pas connu. En 1922, les graines fournissaient 50 pour 100 de plantules, tandis que les mêmes graines conservées à l'air ne germaient plus depuis nombre d'années.

J'ai cru devoir signaler ce traitement des graines, qui peut être intéressant pour la conservation et le transport de semences rares ou difficiles à obtenir.

CHIMIE AGRICOLE. — *Détermination du carbone dans la terre végétale.* Note de M. **L.-J.-Simon.**

La teneur en carbone de la terre végétale est une donnée importante pour les spécialistes. J'ai pensé leur être utile en étendant à ce cas particulier la technique d'oxydation par le mélange d'acide sulfurique concentré et de bichromate d'argent dont je poursuis l'étude et l'application. Dans un tel problème il semble qu'il n'y a pas lieu de se proposer une trop grande exactitude. L'hétérogénéité de nature de la substance étudiée et la difficulté de l'échantillonnage rendent illusoire un effort dans cette direction. Ce qui importe c'est la simplicité de l'opération et sa rapidité : la technique que je propose réalise un progrès à ce double point de vue.

L'échantillon de terre, $0^g,4$ à 4^g, suivant sa richesse en carbone et son homogénéité, est introduit dans un petit matras conique, relié à une jauge graduée de 250^{cm^3}. Dans le matras on a préalablement enfermé 25^g à 30^g d'acide sulfurique concentré et 8^g à 12^g de bichromate d'argent. Le matras est chauffé progressivement au bain-marie de manière à atteindre la température d'ébullition de l'eau en une demi-heure; on maintient à cette température pendant 4 minutes, on laisse refroidir et l'on mesure à la pression atmosphérique le volume gazeux recueilli dans la fange. De ce volume on déduit simplement le carbone cherché. Le tout demande environ 1 heure.

Les essais ont porté sur trois échantillons. L'échantillon I était de la terre

(1) Ces graines, pourvues d'un albumen, contiennent dans les cellules de ce tissu, comme dans celles de l'embryon, de l'aleurone et de l'huile.

de jardin, II était de la terre de bruyère. L'échantillon III était un humus très hétérogène dans lequel rampaient des racines de Polypodes.

Le carbone des carbonates a été dosé préalablement dans la terre ordinaire non desséchée qui en contenait 1,63 pour 100; les autres échantillons n'en renfermaient pas.

Les résultats sont rassemblés dans le Tableau suivant :

	C pour 100.				
Perte à 110°.	CrO^3.	$Cr^2O^7Ag^2$.	CuO.	H pour 100.	N pour 100.
		Échantillon : I.			
"	3,88	4,4	4,61	1,48	0,251
"	3,68	4,6	4,65	1,39	0,246
"	3,85	4,4	"	"	"
"	3,90	"	"	"	"
		I (desséché à l'étuve).			
8,52	4,35	4,64	4,63	0,464	0,252
"	"	4,69	"	"	0,242
		II.			
"	5,4	6,43	6,57	1,29	0,29
"	5,35	6,38	6,51	1,43	0,293
"	"	6,49	"	"	"
"	"	6,23	"	"	"
		II (desséché à l'étuve).			
6,36	5,81	6,32	6,95	0,75	0,27
"	"	6,58	6,79	0,78	0,32
		III.			
"	7,97	8,22	8,39	1,59	0,39
"	7,31	8,62	8,30	1,55	0,41
		III (desséché à l'étuve).			
6,78	"	7,84	9,48	1,07	"
"	"	10,48	9,24	0,92	"
"	"	9,45	10,10	1,19	"
"	"	8,55	8,15	1,1	"
"	"	8,88	"	"	"
"	"	8,95	"	"	"
"	"	7,70	"	"	"
	Moyenne...	8,84	9,24		

I. L'accord entre les résultats obtenus par la méthode classique à l'oxyde de cuivre, et ceux que fournit l'emploi du bichromate d'argent, est suffisant pour qu'on puisse recommander l'étude de cette technique dans les laboratoires agricoles : c'est à la pratique de décider de son adoption définitive.

L'accord est meilleur lorsque l'analyse porte sur des échantillons séchés à l'air et non séchés à l'étuve à 110°. Il semble que cette pratique a pour résultat d'exagérer encore l'hétérogénéité naturelle de l'échantillon; c'est ce qui nous a imposé de suppléer à l'homogénéité par la multiplicité des essais et un calcul de moyenne. Il est préférable de doser le carbone sur un échantillon non séché et déterminer à part la perte à 110°. Encore n'est-il pas certain que cette perte de poids corresponde exclusivement à un départ d'eau.

II. A un autre point de vue, il y a lieu de remarquer que la valeur du carbone trouvée par l'emploi d'anhydride chromique est toujours inférieure à celle que fournit le bichromate d'argent. Cette différence tient à la constitution de la matière organique renfermée dans la terre ou l'humus. Les résultats antérieurs soumis à l'Académie (1), relatifs à cette comparaison, suggèrent quelques hypothèses : on peut faire appel à des substances acycliques, telles que les méthylpentosanes; on peut envisager également des substances analogues à la lignine et renfermant des groupes acétylés, ou encore les acides gras (dioxystéarique, oxystéarique, lignocérique), dont il est question dans une Note (2) très intéressante parue récemment, de M. Maurice Piettre. Pour toutes ces substances, l'oxydation chromique doit fournir, par rapport à l'oxydation par le bichromate d'argent, un déficit tenant à la production finale d'acide acétique qui n'est qu'incomplètement brûlé par CrO^3 dans les conditions de notre essai. Ceci est d'ailleurs parfaitement d'accord avec l'observation classique de Loges, que dans le traitement de l'humus par l'acide chromique, il peut se former un peu d'acide acétique.

En résumé, l'emploi de la méthode d'oxydation au bichromate d'argent sulfurique est à recommander aux laboratoires agricoles pour la détermination rapide du carbone et, peut-être aussi, lorsqu'on l'associe à l'oxydation chromique, pour recueillir d'autres renseignements sur la nature chimique de l'échantillon analysé.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1706; t. 175, 1922, p. 167 et 1070.
(2) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1329-1331.

PHYSIOLOGIE. — *Étude graphique de la frappe des dactylographes.* Note de M. **J.-M. Lahy**, présentée par M. d'Arsonval.

La frappe des dactylographes est un acte complexe. Pour l'étudier, il convient d'en séparer les éléments. Toutes choses restant égales au point de vue de l'outillage, on peut distinguer dans la frappe trois éléments :

1° La rapidité de la succession des divers mouvements élémentaires;

2° Le rythme de cette succession;

3° La force des chocs des doigts sur le clavier.

Nous n'étudierons que la rapidité, facteur essentiel du rendement.

Technique. — Le but de la recherche était d'obtenir sur un cylindre enregistreur l'inscription des chocs donnés par les doigts sur les touches du clavier et, parallèlement, l'inscription du temps en $\frac{1}{100}$ de seconde. Pour y parvenir, nous avons utilisé quatre dispositifs :

1° L'écrasement d'un tube de caoutchouc placé sous les barres de transmission et perpendiculairement à leur direction. Le tube était relié à un tambour de Marey.

2° L'inscription électrique par un signal de Desprez. Chaque touche en s'abaissant fermait un circuit électrique par son contact avec une tige en cuivre transversale, supportée par deux piliers creux où se trouvaient deux ressorts à boudins, grâce auxquels le choc s'amortissait.

3° Le même dispositif, mais perfectionné par la substitution d'une cuve à mercure à la tige de cuivre. Chaque touche était munie d'une aiguille galvanisée qui fermait le circuit en pénétrant dans le mercure.

4° Le contact de la barre arrière sur un point fixe, établissant un circuit électrique.

Le temps s'inscrivait au moyen d'un diapason entretenu électriquement.

Résultats. — Nous nous bornons à résumer ici les résultats pratiques auxquels nos expériences ont abouti. Le détail des recherches et l'analyse des graphiques qui les expliquent sont donnés dans une publication d'ensemble sur la profession du dactylographe.

La méthode graphique nous a permis de dissocier deux éléments dans la succession des mouvements élémentaires : la durée du contact sur les touches et la durée des intervalles. On peut donc déterminer des rapports entre ces deux groupes de durées. Le Tableau suivant, dressé à l'aide de l'analyse numérique d'un graphique enregistré d'après notre méthode, montre ces rapports.

Frappes successives.	Durée des contacts (en centièmes de seconde).	Main qui frappe.	Durée des intervalles (en centièmes de seconde). Frappes alternées.	Frappes non alternées.	Écart moyen (en centièmes de seconde). Mains alternées.	Mains non alternées.
n	4	D				
o	3	D		15		4,10
u	4	D		11		0,10
s	3	G	2		2,57	
barre	4	D	7		2,43	
s	4	G	8		3,43	
o	3	D	4		0,57	
m	3	D		14		3,10
m	4	D		9		1,90
e	3	G	3		1,57	
s	4	G		9		1,90
barre	4	D	4		0,57	
e	3	G	9		4,43	
n	3	D	2		2,57	
barre	4	D		10		0,90
p	4	D		12		1,10
o	4	D		5		5,90
s	3	G	3		1,57	
s	5	G		8		2,90
e	3	G		14		3,10
s	3	G		14		3,10
s	2	G		8		2,90
i	2	D	5		0,43	
o	4	D		9		1,90
n	3	D		10		0,90
barre	5	D		9		1,90
d	4	G	6		1,43	
e	3	G		13		2,10
barre	4	D	3		1,57	
v	2	G	8		3,43	
o	4	D	3		1,57	
t	2	D		12		1,10
r	2	D		13		2,10
e	4	G	4		0,57	
barre	3	D	4		0,57	
l	3	D		14		3,10
e	3	G	4		0,57	
t	2	D	5		0,43	
t	2	D		8		2,90
r	2	D		12		1,10
e	3	G	3		1,57	
Totaux.....	134		87	229	31,85	48,10

Durée de l'épreuve.......................... 450

Moyen. des 41 frappes. 3,26

Moyenne des 19 alternances.................................. 4,57 1,57

Moyenne des 21 non alternances.................................. 10,90 2,29

Moyenne générale des intervalles.................................. 7,90

Tous nos graphiques, quelle que soit la méthode d'inscription employée, ont fourni des résultats concordants. Nous avons pu établir ainsi une première règle du travail dactylographique :

Première règle. — La vitesse du travail dactylographique est en fonction de l'alternance des mains.

En supposant que l'outillage et les méthodes dactylographiques soient perfectionnés de manière à favoriser, comme le veut cette règle, l'alternance des mains, il arrivera cependant un moment où la limite de perfectionnement sera atteinte. En effet, la meilleure disposition donnée aux lettres et aux signes sur le clavier de la machine ne pourra faire que les lettres qui se trouvent dans les mots soient alternées sur le clavier dont la disposition est immuable. L'alternance complète ne pouvant être obtenue, le dactylographe devra utiliser successivement les doigts d'une même main. Nos expériences précisent comment cet emploi doit se faire.

Nous avons constaté que la même règle n'était pas applicable aux deux mains. C'est pourquoi nous avons établi une seconde règle où venaient se combiner des indications différentes selon que le travail dactylographique s'accomplit avec la main droite ou avec la main gauche.

Seconde règle. — L'alternance des doigts de la main gauche et le sautillement des doigts de la main droite favorisent la vitesse.

Pédagogie dactylographique. — Ces données expérimentales fournissent des bases nouvelles pour l'établissement des méthodes dactylographiques. Si ces données ruinent la méthode — jusqu'ici dominante — des dix doigts, fondée sur une assimilation erronée de la frappe du dactylographe à celle du pianiste, elles prouvent aussi que les autres méthodes ne peuvent pas lui être substituées. L'étude d'un grand nombre de graphiques montre que *le toucher dactylographique est personnel.* Les élèves doivent être appelés à utiliser telle ou telle méthode selon leurs aptitudes physiologiques. Ces aptitudes sont décelables par un examen psychotechnique préalable.

La spécialisation du travail dactylographique doit, en outre, se poursuivre jusque dans le travail de la préparation des « stencils », travail favorisé par une aptitude aux gestes rythmés, qui ne se rencontre pas chez tous les sujets.

On peut noter aussi le rapport qui existe entre la valeur d'une machine à écrire déterminée et l'aptitude à la rapidité des meilleurs dactylographes. Le classement établi par les méthodes de la psychotechnique permet de prévoir quelles sont les machines qui limitent le rendement des dactylographes les mieux doués et qui, pour cela, doivent être écartées pour eux.

PHYSIOLOGIE. — *Sur la toxicité des autolysats et des extraits tissulaires.* Note de M. **Auguste Lumière**, présentée par M. Roux.

Parmi les nombreux problèmes que Bouchard a abordés avec tant de succès, il convient de citer celui qui se rapporte à la toxicité des extraits de tissus. Cet illustre physiologiste a conclu de ses expériences que les cellules abandonnent constamment des substances nocives qui peuvent parfois provoquer des troubles morbides.

Le Professeur H. Roger, reprenant méthodiquement l'étude de cette question, a constaté que si l'on fait macérer dans l'eau des fragments d'organes frais, de poumon par exemple, on obtient un extrait très toxique, exerçant une action hypotensive marquée; mais si la macération est prolongée, l'autolysat perd peu à peu sa toxicité pour devenir complètement inoffensif au bout de huit jours.

Pour expliquer ce fait, on a invoqué l'influence des ferments cellulaires qui entraîneraient la désintégration des matériaux albuminoïdes en modifiant ainsi, par une sorte de digestion, la constitution chimique des autolysats.

Si ces transformations sont bien réelles, les considérations précédentes ne nous renseignent point sur la nature des corps toxiques renfermés dans les extraits tissulaires et il semble paradoxal *a priori* que ces corps soient d'autant plus nocifs qu'ils proviennent d'organes plus frais, ce qui tendrait à faire supposer que les tissus vivants renferment des poisons.

Ces phénomènes singuliers s'éclairent complètement à la lumière de la théorie colloïdale que nous avons exposée [1] et qui a déjà donné la clef de nombreuses énigmes physiologiques et pathologiques.

Les cellules composant les tissus ainsi que les liquides humoraux qui les imprègnent sont essentiellement constitués par des colloïdes de nature différente, isolés par les enveloppes cellulaires; la macération ou le broyage réalisent le mélange de ces colloïdes, habituellement séparés; ils réagissent alors les uns sur les autres en donnant des floculats plus ou moins abondants.

Quand on broie des fragments de poumon dans l'eau distillée, on obtient un extrait qui est louche, malgré la filtration sur papier, à la trompe. Si l'on soumet cet extrait à une centrifugation immédiate et énergique, on sépare un précipité assez abondant au-dessus duquel se trouve un liquide parfaite-

---

(1) Auguste Lumière, *La théorie colloïdale de la biologie et de la pathologie.* Chiron, Paris, 1922.

ment limpide. Ce liquide, décanté, ne tarde pas à se troubler à nouveau spontanément et, au bout d'un quart d'heure, il a repris l'aspect qu'il avait primitivement. Une nouvelle centrifugation l'éclaircit mais, les réactions intercolloïdales se poursuivant, il continue à floculer avec le temps. Ce n'est qu'au bout de 24 heures, après une dernière centrifugation, qu'il demeure indéfiniment limpide.

Lorsqu'on abandonne à lui-même l'extrait initial, on observe des précipitations successives; ses propriétés toxiques sont en relation avec ces états de floculation.

En injectant l'extrait total dans la circulation du cobaye, pendant les deux ou trois premières heures de sa préparation, on remarque deux groupes d'accidents : des accidents immédiats, en général peu graves, et des crises tardives à répétition, d'autant plus sévères que les premiers troubles ont été plus légers.

Le précipité qui se forme *in vitro* semble vacciner contre les effets des floculations successives ultérieures qui continuent à se produire *in vivo*.

Cette explication est bien exacte car, partant d'un extrait qui vient d'être préparé, si l'on élimine, par centrifugation, le premier floculat formé, l'injection immédiate intracardiaque du liquide limpide ne produit tout d'abord aucun accident, mais, vers la 6e minute, une crise aiguë survient; les animaux tombent dans le coma et la plupart meurent.

On peut les préserver de ce choc par une injection intravasculaire préalable de suspension barytique convenable, ce qui montre que l'on a bien affaire à des phénomènes de choc physique se déroulant suivant le mécanisme que nous avons indiqué pour expliquer les symptômes aigus de l'anaphylaxie.

D'ailleurs on peut aussi vacciner les animaux contre les accidents mortels provoqués par les autolysats en les soumettant préalablement à un traitement susceptible de déclencher un choc atténué, anaphylactique, peptonique, traumatique, épileptique ou anaphylactoïde, au moyen de floculats ou précipités par l'oléate de soude, la choline, les lipoïdes, etc.

Inversement, les phénomènes qui caractérisent les crises aiguës anaphylactiques ou anaphylactoïdes peuvent être évités ou atténués par l'administration d'extraits tissulaires.

Les lésions révélées à l'autopsie des animaux qui ont succombé à la suite de l'injection de ces extraits sont les mêmes que celles que l'on constate dans les autres chocs et les symptômes des crises sont également semblables.

Si, après avoir centrifugé l'extrait d'organe floculé, on lave plusieurs fois

le culot à l'eau distillée et que, par agitation, au moyen d'un appareil approprié, on remette les éléments du floculat dans un état physique convenable, on peut obtenir une suspension toxique ou vaccinante, suivant les doses administrées.

En triturant des fragments de tissus, on réalise un mélange brusque et rapide des colloïdes constitutifs dont les réactions réciproques sont terminées en 24 heures, tandis que dans le cas des autolysats, les colloïdes diffusent lentement dans le milieu et il faut alors attendre huit jours pour que ces réactions de floculation soient achevées. C'est pour cela que la toxicité des produits de trituration ne persiste que pendant une journée tandis que les autolysats demeurent nocifs pendant une semaine environ.

Ces expériences, qui ont porté sur un très grand nombre d'animaux, confirment le rôle que nous avons attribué aux phénomènes de floculation en pathologie, elles s'accordent entièrement aussi avec la théorie physique des chocs telle que nous l'avons conçue et avec celle de l'antianaphylaxie qui résulte de l'accoutumance des parois vasculaires à l'excitation par les floculats.

PHYSIOLOGIE. — *Modifications pondérales des organes chez le Pigeon au cours de l'avitaminose* B. Note (1) de M. **J. Lopez-Lomba**, présentée par M. Henneguy.

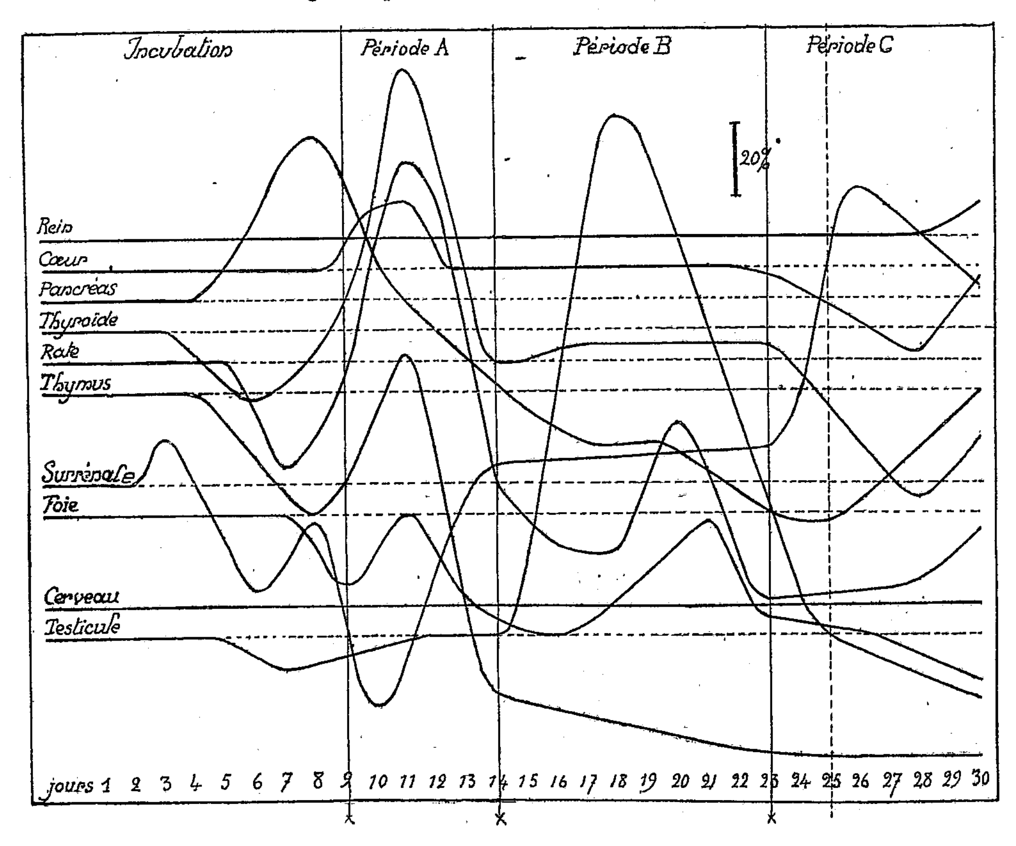
Les lésions anatomopathologiques et les troubles physiopathologiques dans l'avitaminose ont été surtout étudiés jusqu'à ce jour à des périodes avancées de la maladie. Les auteurs ne semblent pas toujours attacher l'importance qu'elle mérite à la notion de la période de l'avitaminose pendant laquelle les troubles ou les lésions sont recherchés. Or la notion de l'existence de diverses périodes dans l'avitaminose est, nous le croyons, capitale pour la compréhension des signes pathologiques observés.

Nous avons soumis un lot de 36 Pigeons d'un poids moyen de 290^g au régime d'aliments purifiés dout nous avons parlé dans une Note précédente (J. Lopez-Lomba et Mme Randoin). 6 Pigeons servant de témoins recevaient 1^g de levure de bière sèche par jour et furent sacrifiés au bout de 6, 17, 21, 22, 27 et 30 jours. Les 30 autres furent sacrifiés à raison de 1 par jour. Un certain nombre d'organes de tous ces Pigeons furent pesés et rap-

(1) Séance du 30 avril 1923.

portés au kilogramme de poids initial des animaux. En ne tenant compte que des variations de poids des organes, sortant des limites extrêmes observées chez les témoins, nous avons inscrit dans le graphique ci-joint les pourcentages d'augmentation ou de diminution constatés chaque jour. Certains organes restent dans les limites de poids normales pendant toute l'avitaminose; d'autres présentent des atrophies ou des hypertrophies assez inattendues.

Nous ne pouvons pas faire ici dans le détail l'étude critique des résultats obtenus qui sera d'ailleurs publiée très prochainement. Nous exposerons seulement les principaux faits et les conclusions auxquelles ils nous ont conduit. De notre étude, il s'est dégagé qu'il convient de considérer dans l'avitaminose B du Pigeon quatre périodes principales :



1° *Période d'incubation* (que nous appelons ainsi parce que l'examen direct des animaux ne permet de constater aucun symptôme anormal). — Pendant cette période, qui dure environ 9 jours, certains organes subissent déjà des modifications de poids.

2° *Période A* (du 9ᵉ au 14ᵉ jour environ). — La thyroïde, le cœur, la rate, le thymus s'hypertrophient, la surrénale et le pancréas s'atrophient. Il y a à ce moment diminution de la résistance à l'infection, exaltation de la virulence des germes intestinaux (Biondo, Guerrini), altération du processus digestif (Danysz Michel et Koskowski). Ces faits, et d'autres que nous ne pouvons pas citer ici, concordent pour prouver qu'à cette période les pigeons traversent une crise toxique, sont atteints d'une véritable maladie toxi-infectieuse due probablement à la résorption d'antigènes intestinaux, et que (comme dans les maladies infectieuses) il y a hypotonie du sympathique et hypertonie du parasympathique. Certains animaux meurent à cette période.

3° *Période B* (du 14ᵉ au 23ᵉ jour environ). — La thyroïde revient vers la normale mais reste légèrement atrophiée, la surrénale varie en sens inverse. La rate, le foie, le thymus, le pancréas s'atrophient. Le testicule subit une hypertrophie marquée. L'équilibre nerveux des systèmes autonomes est renversé à partir du 14ᵉ jour environ et ne changera pas de sens jusqu'à la fin : il y a hypersympathicotonie et hypoparasympathicotonie.

4° *Période C* (à partir du 23ᵉ jour environ). — La surrénale subit une hypertrophie brusque, le pancréas accentue sa perte de poids, la thyroïde, le cœur s'atrophient. A partir du 23ᵉ jour débutèrent les paralysies. Comme les animaux ne furent pas gavés, l'inanition partielle fit sentir ses effets, en réalité bienfaisants (¹), à partir du 25ᵉ jour, date à laquelle les crises nerveuses nettes apparurent.

L'ensemble de ces résultats joints à ceux, d'ailleurs très différents, que nous avons obtenus avec les Cobayes scorbutiques, nous a conduit à envisager les lésions et les troubles de l'avitaminose comme étant dus avant tout et surtout à des troubles fonctionnels des systèmes neuro-endocriniens de la vie organo-végétative.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la composition du glycogène.*

Note de MM. **Samec** et **V. Isajevič**, présentée par M. L. Maquenne.

Bien que l'analogie entre l'amidon et le glycogène aille assez loin, il subsiste néanmoins entre ces deux corps de notables différences, que l'on

(¹) On sait que dans une deuxième période de l'inanition il y a diminution de la sécrétion d'adrénaline (Vincent et Hollenberg), augmentation du nombre des îlots de Langerhans (Laguesse), etc.

n'a pas pu éclaircir suffisamment jusqu'à présent. Ce sont en particulier l'absence des propriétés gélifiantes, la nature amorphe et la coloration brun rouge avec l'iode qui distinguent les deux corps.

Nous avons étudié, avec les méthodes qui ont permis de mettre en évidence la constitution physico-chimique de l'amidon, un glycogène extrait d'un foie de chien, très pur et ne contenant pas d'azote, et nous avons trouvé que le poids moyen moléculaire du glycogène dissous évolue dans le même ordre de grandeur que celui de l'amidon. Chauffé à 120° pendant une heure, le glycogène accuse dans une solution à 2 pour 100 un poids moléculaire moyen d'environ 114000.

On arrive par électrodialyse à décomposer la solution de glycogène en deux parties. Plus de 80 pour 100 de la substance dissoute reste en forme de sol et accuse en solution à 1 pour 100 une conductibilité électrique de $1,4.10^{-5}$. Au contraire, les 20 pour 100 environ de la substance se précipitent sous forme de flocons à consistance d'empois et fortement hydratés. La conductibilité spécifique de cette partie est, en solution à 1 pour 100, de $4,1.10^{-5}$. Ce comportement montre par conséquent une certaine analogie avec les substances amylacées, mais avec cette différence que les solutions d'amidon préparées comme notre solution de glycogène déposent environ 80 pour 100 de la substance dissoute sous forme de gel. La viscosité relativement très faible de la solution du glycogène qui, dans le cas qui nous occupe, était 1,03 dans une solution à 1 pour 100, concorde avec la faible quantité du gel.

Mais il y a une différence profonde en ce qui concerne la teneur de l'amidon et du glycogène en phosphore. Avec l'amidon nous avons trouvé que la substance non précipitée (amylose) ne contenait pas d'électrolytes, tandis que le gel (amylopectine) contenait tout le phosphore renfermé dans les grains d'amidon. Pour l'amidon de pomme de terre la teneur en P^2O^5 de l'amylopectine est, en chiffres ronds, de 0,175 pour 100. Au contraire le sol de glycogène est d'une étonnante richesse en phosphore. Dans notre préparation nous avons trouvé $0^g,721$ de P^2O^5 pour 100^g de substance desséchée. Le gel de glycogène est sensiblement moins riche en phosphore (0,135 pour 100).

Malgré cette forte teneur en phosphore, la conductibilité électrique du sol est faible. Des expériences ultérieures établiront s'il faut chercher la cause de ce phénomène dans l'existence d'un éther de type $HOP(OR)^2$ ou dans la présence d'un glycogénophosphate faiblement ionisé. Dans tous les cas nous retrouvons dans le gel de glycogène le parallélisme entre la pro-

priété gélifiante et la présence d'ions colloïdaux qui est si frappante dans l'amylopectine et dans l'agar-agar. Au contraire le sol de glycogène, malgré sa forte teneur en phosphore, ne possède presque à aucun degré les propriétés de l'empois, ainsi que nous l'avons observé également pour certaines formes des acides amylophosphoriques synthétiques.

L'existence de phosphore que l'on ne peut pas séparer du glycogène nous paraît être d'une grande importance physiologique, puisque de ce fait le glycogène représente dans l'organisme, non seulement une réserve d'hydrates de carbone, mais aussi une réserve de phosphore. On comprend également par là la grande importance des phosphates lors du métabolisme des hydrates de carbone.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *L'effet de l'humus à faibles et à fortes doses sur la fixation de l'azote par l'* Azotobacter chroococcum. Note de M. **J. Voicu**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

L'action stimulante de l'humus sur l'*Azotobacter chroococcum* a été généralement étudiée en faisant intervenir des doses relativement fortes de substance, soit : 50^{mg} à 200^{mg} d'humus et même davantage, pour 100^{cm^3} de liquide de culture.

Dans les recherches que j'ai entreprises récemment sur cette question, en opérant avec une culture pure d'*Azotobacter chroococcum*, j'ai essayé comparativement l'action des doses faibles d'humus (de $0^{mg},1$ à 5^{mg} pour 100) et l'action des doses relativement fortes (100^{mg} et 200^{mg} pour 100).

La composition du liquide de culture à 2 pour 100 de *saccharose*, ainsi que les conditions d'expérience, ont été les mêmes que celles déjà indiquées dans une Note précédente [1].

L'humus, extrait du fumier, a été employé à l'état d'humate de sodium, obtenu en triturant dans un mortier $2^{g},5$ de substance avec de l'eau redistillée et 3^{cm^3} d'une solution normale de soude.

L'ensemencement a été fait, dans chaque fiole, avec 1^{cm^3} d'une suspension microbienne homogène, provenant d'une culture sur milieu gélosé à l'extrait de terre, âgée de cinq jours.

Les cultures ont été maintenues à 27° pendant deux semaines et agitées tous les deux à trois jours après la formation du voile microbien. La culture témoin et celle à $0^{mg},1$ pour 100 d'humus, où aucune membrane ne s'était formée, ont été également agitées comme les cultures à $0^{mg},5$ pour 100.

---

[1] *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 317.

La préparation de l'humus employée contenait 3,22 pour 100 d'azote et 2,6 pour 100 de cendres.

Dans tous les essais contenant 2mg pour 100 ou un pourcentage supérieur d'humus, la quantité d'azote introduite par cette substance a été, dans le Tableau ci-dessous, déduite des résultats de l'analyse :

Humus pour 100cm³.	Azote fixé par fiole de 50cm³.	Sucre disparu.	Azote fixé pour 1g de sucre.	Humus pour 100cm³.	Azote fixé par fiole de 50cm³.	Sucre disparu.	Azote fixé pour 1g de sucre.
mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg
0	0,9	271	3,32	2	2,0	590	3,39
"	0,9	271	3,32	"	1,95	572	3,41
0,1	1,0	278	3,60	5	2,85	807	3,53
"	0,85	240	3,54	"	3,0	820	3,66
0,5	1,2	339	3,54	100	6,75	914	7,39
"	1,2	354	3,40	"	7,55	950	7,95
1	1,6	467	3,43	200	9,45	1000	9,45
"	1,6	474	3,38	"	9,0	1000	9,00

On voit que l'effet favorisant de l'humus se manifeste nettement à partir de la dose de 0mg,5 *pour* 100. La dose de 1mg pour 100 a presque doublé la quantité d'azote fixé, et celle de 5mg pour 100 l'a plus que triplée.

On remarque cependant que, dans ces essais où interviennent de *faibles doses d'humus*, la quantité d'azote fixé pour 1g de sucre disparu est restée sensiblement la même.

En ce qui concerne les *doses fortes* de 100mg et 200mg pour 100, on constate, en même temps qu'une augmentation de la quantité d'azote fixé, un accroissement considérable du rendement par rapport au sucre disparu.

Je crois devoir faire remarquer que j'avais introduit dans le milieu de culture des quantités de *fer*, de *manganèse*, d'*aluminium* et de *silice*, beaucoup plus élevées que celles qui pouvaient être apportées par les faibles doses d'humus (contenant de 0mg,0026 à 0mg,130 de cendres). Le milieu contenait également un peu de substance colloïdale (5mg pour 100 de peptone). Si l'action favorisante des faibles doses d'humus était due à l'intervention d'un élément chimique à l'état de combinaison minérale, cet élément devrait être autre que le fer, le manganèse, l'aluminium, le silicium.

Dans le cas des *fortes doses d'humus* (100mg et 200mg pour 100), l'existence d'un accroissement considérable du rendement, en même temps que d'une augmentation de la quantité d'azote fixé, porte à croire que des

modifications importantes se sont produites dans le milieu de culture quant à sa nature et sa composition même.

On peut aussi admettre que les effets différents constatés sont dus, entre tous les facteurs possibles, à une seule substance, qui, à l'état de trace, intensifie la fixation de l'azote, sans changer le rendement, et à des doses plus fortes augmente simultanément l'intensité de la fixation de l'azote et son rendement.

Ce cas serait comparable à celui qui a été découvert par M. Gabriel Bertrand en étudiant l'action du manganèse sur la culture de l'*Aspergillus niger* (¹) : lorsqu'on introduit de faibles traces de manganèse dans un milieu de culture complètement débarrassé de ce métal, on intensifie considérablement la production du mycélium, sans qu'il y ait formation d'organes reproducteurs; mais si l'on ajoute des doses plus fortes, le manganèse facilite le développement de la plante et provoque en même temps la formation des conidies.

En se limitant aux faits que j'ai observés, il semble bien qu'il y ait lieu de considérer, tout au moins lorsqu'il s'agit du milieu liquide contenant du saccharose, deux modes différents d'influence favorisante de l'humus vis-à-vis de l'*Azotobacter chroococcum :* l'un, qui apparaît pour des *doses faibles d'humus*, où le microbe excité fixe plus d'azote dans un même intervalle de temps, sans modification de rendement par rapport au sucre disparu, et l'autre, qui se présente dans le cas des *doses fortes*, où ce rendement se trouve lui-même considérablement augmenté.

EMBRYOGÉNIE EXPÉRIMENTALE. — *Influence du* P_H *ascendant de l'eau de mer sur la rapidité de la segmentation des œufs d'* « Halosydna *et de* Sabellaria ». Note de M. **Alphonse Labbé**, présentée par M. Henneguy.

MM. Vlès, Dragoiu et Rose ont montré que l'abaissement du P_H de l'eau de mer ambiante entrave ou inhibe la division cellulaire. Il semblerait donc *a priori* que la segmentation fût accélérée par un P_H ascendant.

Reprenant à ce point de vue mes expériences de l'an dernier (²) sur le

(¹) *Sur le rôle capital du manganèse dans la formation des conidies de l'*Aspergillus niger (*Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 381).

*Extraordinaire sensibilité de l'*Aspergillus niger *vis-à-vis du manganèse* (*Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 616).

(²) *Comptes rendus*, t. 174, 1ᵉʳ mai et 15 mai 1922.

rôle de l'alcalinité dans les fécondations hétérogènes, j'ai cherché à déterminer l'effet de l'augmentation des anions $\overline{OH}$, ou, si l'on veut, de P_H sur la segmentation.

J'ai employé comme matériel les œufs de deux Annélides : *Halosydna gelatinosa* et *Sabellaria alveolata*.

a. Fécondation normale. — Le développement normal : *Sabellaria* ♀ × *Sabellaria* ♂ jusqu'au stade trochosphère demande de 44 à 50 heures pour $P_H = 8,1$, à 10° C. Pour $P_H = 8,4$ (¹), le développement se fait en 27 heures, soit avec une avance de près de moitié.

L'horaire correspond au moment où 90 à 95 pour 100 des trochosphères sont formées, car certaines larves sont en avance.

Le développement normal, pour $P_H = 8,1$, d'*Halosydna* ♀ × *Halosydna* ♂ donne des larves nageantes en 26-30 heures.

Pour $P_H = 8,4$, cette durée est réduite à 18 heures.

Ainsi, un P_H ascendant, c'est-à-dire la concentration décroissante en ions H', produit un raccourcissement évident et accentué du cycle formateur de la larve.

Voyons maintenant ce que donnent, dans les mêmes conditions, les :

b. Fécondations hétérogènes. — Le croisement *Sabellaria* ♀ × *Halosydna* ♂ ne réussit pas pour $P_H = 8,1$. Pour $P_H = 8,4$, au bout de 24 heures, il y a à peine 2 pour 100 des œufs au stade 2, qui évoluent en trochosphères en 40 heures. La majorité des œufs se développe en anomalies (division prématurée en 3 extraovats, etc.) et aboutit à la cytolyse.

Le croisement *Halosydna* ♀ × *Sabelleria* ♂, par contre, réussit très bien (je dirais même : mieux que la fécondation normale).

Pour $P_H = 8,1$, les larves sont formées en 30 heures.

Pour $P_H = 8,4$, j'ai obtenu, suivant la température du laboratoire, deux séries de résultats :

A 10° C., l'émission du premier globule polaire a lieu au bout de 1 heure et demie; en 5 heures tous les œufs sont en division; certains montrent même 1 ou 2 quartettes de micromères. Au bout de 18 heures, il y a 95 pour 100 de larves nageantes. A 14° C., l'évolution est retardée. Le premier globule polaire n'est émis qu'au bout

---

(¹) Le chiffre de $P_H = 8,1$ correspond à l'eau de mer normale de la station du Croisic, au début d'avril.

Les solutions pour les P_H plus élevés ont été faites en additionnant l'eau de mer normale d'une quantité convenable de NaOH 10/N, contrôlée par les étalons usuels, et en tenant compte de l'erreur de salinité. Pour déterminer P_H, j'ai employé la méthode de Sœrensen, avec, comme indicateurs, la phénolphtaléine, la thymolsulfonephtaléine (thymol bleu), l'orthocrésolsulfonephtaléine (rouge de crésol) et la phénolsulfonephtaléine (rouge de phénol).

de 3 heures; la première division n'intervient que vers la sixième heure, et il faut 23 heures pour avoir des larves.

Quoi qu'il en soit de ce fait, en apparence paradoxal [1], puisque la température accélère généralement la croissance et l'évolution animales, on peut constater que l'accélération évolutive se produit aussi bien et même d'une façon plus accentuée pour les fécondations hétérogènes que pour les fécondations normales.

D'autre part, pour les P_H intermédiaires entre 8,1 et 8,4, il ne se produit que des modifications minimes dans la durée du développement.

L'accélération se produit brusquement, pour $P_H = 8,35-8,40$. Au-dessus de ce chiffre, le développement se ralentit beaucoup, des anomalies apparaissent, et le blocage est complet pour $P_H = 8,5$. D'ailleurs, le chiffre 8,35-8,40 correspond à peu près à l'optimum de NaOH qui m'avait donné de bons résultats, l'an dernier, dans l'activation hétérogène. Il constitue bien l'*optimum* de l'accélération pour les œufs considérés.

On pourra remarquer que les P_H les plus élevés qui aient été déterminés dans les eaux océaniques ne dépassent pas 8,35 (Palitzsck, 1910-1912; Gaarder, 1917).

Il faut ajouter que l'accélération n'est pas de même valeur à tous les stades, et que les chiffres obtenus pour les diverses phases de la segmentation sont très inégaux; certaines phases sont accélérées, d'autres retardées. Je reviendrai ultérieurement sur ce point qui mérite mieux qu'une indication sommaire.

Notons également que, si l'accélération paraît moins accentuée dans les fécondations hétérogènes, le spermatozoïde étranger paraît jouer un rôle. Ainsi, nous trouverons comme chiffres de durée de développement :

Halosydna ♀ × *Sabellaria* ♂..................	18-23 heures
Halosydna ♀ × *Favorinus albus* ♂ (Eolidien)...	24 »
Halosydna ♀ × *Asterias rubens* ♂.............	30 »

Peut-être, les recherches récentes de Gray [2] éclaireront-elles cette

(1) Il serait trop long de discuter l'explication. D'après Mac Clendon, P_H varie de 0,01 par 1° C., et le chiffre réel dépasse probablement l'optimum, que semble donner le chiffre apparent.

(2) J. GRAY, *The relation of spermatozoa to certains electrolyts* (*Proc. Roy. Soc.*, 1920, p. 147-156).

question; il y aurait une influence directe du P_H ambiant sur la charge électrique superficielle, normalement négative, des colloïdes spermatiques; les modifications de cette charge expliqueraient la plus ou moins grande facilité d'un spermatozoïde donné à pénétrer dans un œuf étranger.

Je résume ces résultats dans le Tableau suivant :

	Durée (en heures) du développement pour	
	$P_H = 8,1$.	$P_H = 8,4$.
Sabellaria × *S*..................	44-50 h	27 h
Halosydna × *H*..................	26-30	18
Halosydna ♀ × *Sabellaria* ♂......	30	18-23
Sabellaria ♀ × *H*................	Résultats nuls	[40]
Halosydna ♀ × *Favorinus* ♂.......	ou	26
Halosydna ♀ × *Asterias* ♂.........	médiocres	30

Je dois, en dernier lieu, observer que, faute d'une instrumentation suffisante, je n'ai pas tenu compte de [CO^2 total] et que mes chiffres ne peuvent avoir, de ce fait, une exactitude rigoureuse. P_H, en effet, dépend non seulement de $(\overset{+}{H})$, mais aussi des ions bicarbonates. Il implique les deux constantes de dissociation de l'acide carbonique, C_1 et C_2. Le degré de dissociation α de l'acide carbonique part de zéro, arrive à un maximum qui dépend de $\frac{C_1}{C_2}$, et revient à zéro. Le maximum est atteint pour

$$[\overset{+}{H}] = \sqrt{C_1 C_2},$$

ou en forme logarithmique, pour

$$P_H = \frac{1}{2} p C_1 + \frac{1}{2} p C_2,$$

si l'on pose

$$pC = \log \frac{1}{C} \quad (^1).$$

(1) ALPHONSE LABBÉ, *La solubilité et la précipitation du carbonate de calcium dans l'eau de mer et ses conséquences biologiques* (*Bull. Inst. océanogr.*, 1923).

BIOLOGIE. — *Le Trématode des perles de nacre des moules de Provence.* Note (1) de M. **Robert Dollfus**, présentée par M. F. Mesnil.

Chez les *Mytilus galloprovincialis* Lmck. de quelques points du littoral de Provence : Port-de-Bouc (Bouches-du-Rhône), Tamaris-sur-Mer (Var), Raphaël Dubois a signalé la présence de petites perles de nacre produites par la réaction du Mollusque vis-à-vis de larves de Distome qui, ayant pénétré entre le manteau et la coquille, s'étaient établies, isolées ou par groupes de deux à sept, dans des invaginations du manteau ou des logettes tapissées d'épithélium palléal. Le mode de formation de ces productions perlières a été étudié chez divers Lamellibranches de nos côtes, dès 1897, par Alfred Giard et ensuite par Raphaël Dubois, Lyster, Jameson, etc. La question qui nous occupe aujourd'hui est celle de l'identification de la larve margaritigène de Distome des *Mytilus* de Provence.

Raphaël Dubois (1903) (2), annonçant la découverte de ce parasite, fut d'abord d'avis qu'il n'était pas identique à celui connu chez les *Mytilus edulis* L. de Billiers (Morbiban). Un peu plus tard, cependant, Raphaël Dubois (1907) (3), sur l'avis de son collègue Jules Guiart, modifia son opinion première et admit que la larve de Distome des moules de Provence appartenait à la même espèce que celle des moules de Billiers [*Gymnophallus margaritarum* (R. Dubois), 1901].

Nous avons reçu de R. Dubois quelques préparations de la larve margaritigène trouvée par lui « *inter pallium et conchas* » des *M. galloprovincialis* Lamck.; il nous a été facile de nous rendre compte que cette larve est nettement différente de celle des *M. edulis* L. de Billiers décrite si exactement par Lyster Jameson (1902); c'est une forme nouvelle n'ayant encore été ni décrite ni nommée, toutefois nous l'avons reconnue dans une figure de larve en voie d'englobement par le calcaire figurée par R. Dubois (1909, p. 59, fig 10) (3); nous proposons de la désigner sous le nom de *Metacercaria* (*Gymnophallus*) *Duboisi*, n. sp.

---

(1) Séance du 7 mai 1923.

(2) *Comptes rendus*, t. 136, 1903, p. 179.

(3) *Annales de l'Université de Lyon*, nouvelle série, I. *Sciences et Médecine*, fasc. 29, p. 66.

Larve de *Gymnophallus*, au stade *Metacercaria* (1), à contour régulièrement ellipsoïdal, longue de $0^{mm},23$ à $0^{mm},27$, large de $0^{mm},12$ à $0^{mm},17$ environ, à cuticule finement spiculée; ventouse antérieure grande, occupant le quart antérieur de la longueur du corps; prépharynx absent; pharynx globuleux dont le diamètre atteint ou dépasse peu le tiers du diamètre de la ventouse orale; œsophage court, se bifurquant presque exactement au premier tiers de la longueur du corps; cæca intestinaux très volumineux, ellipsoïdaux, occupant tout le tiers moyen du corps et débordant dans le tiers antérieur, presque contigus dans le plan médio-sagittal; ventouse ventrale, petite, son diamètre est compris environ deux fois ou un peu moins dans celui de la ventouse orale, son centre est à la limite du tiers moyen et du tiers postérieur de la longueur du corps et un peu au-dessous; vessie en forme de lyre, dont la partie basale

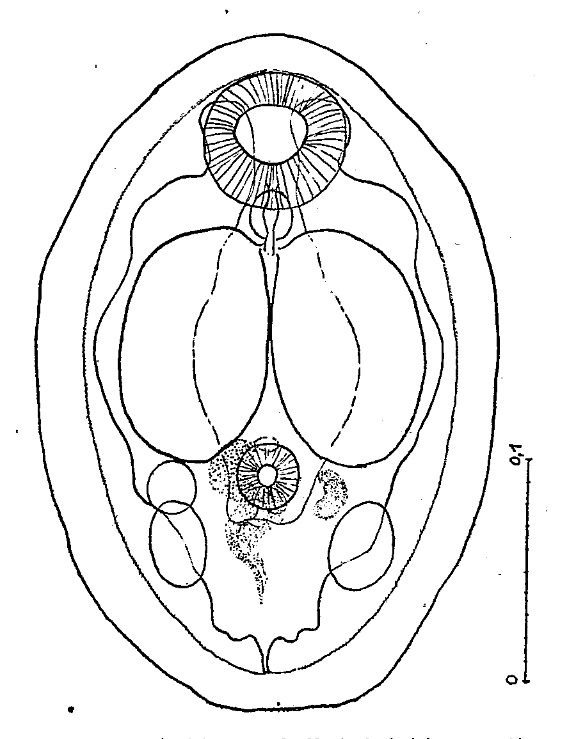


Fig. — *Metacercaria* (*Gymnophallus*) *Duboisi*. n. sp. (*in toto*).

occupe le quart postérieur du corps, donnant naissance de chaque côté à une branche qui s'étend antérieurement jusqu'au delà du centre de la ventouse orale, débordant latéralement les cæca intestinaux; ébauches génitales développées, quelquefois bien distinctes et comprenant : une paire de testicules ellipsoïdaux, latéraux, symétriques, un peu en arrière du niveau du centre ou du bord postérieur de la ventouse ventrale;

(1) Chez les *Gymnophallus*, le passage du stade *Cercaria* au stade *Metacercaria* n'est jamais accompagné de la sécrétion d'un kyste par la larve.

ovaire globuleux, latéral, entre le testicule droit et la base du cæcum intestinal droit; vésicule séminale volumineuse, entre la ventouse ventrale et le testicule gauche; atrium génital tubuleux, grand, contourné; emplacement du futur pore génital médian sur le bord antérieur de la ventouse ventrale; ébauche de l'utérus, sinueuse, médiane, en arrière du pore génital.

L'adulte correspondant est à rechercher chez les Oiseaux mangeurs de moules en Provence.

Metacercaria (*Gymnophallus*) *Duboisi* nob. est extrêmement voisin d'*Adolescaria perla* Sinitzine (1911) ([1]), des *Mytilus edulis* L. et *Venus* (sp. ?) de la mer Noire. Cette métacercaire est elle-même peu différente d'une métacercaire, également margaritigène, que nous avons observée par nids de plusieurs individus « inter pallium et conchas » chez les *Tapes pullaster* Montagu de Saint-Vaast-la-Hougue (Manche). La métacercaire des moules de la mer Noire et celle des *Tapes* de Saint-Vaast sont d'abord entourées d'une enveloppe gélatineuse transparente (apparemment sécrétée par le parasite), qui s'imprègne peu à peu de calcaire. Le processus de calcification aboutit à la formation d'une sorte de « calcosphérite », au centre de laquelle dégénère bientôt la larve emprisonnée.

Sinitzine ne signale pas son *Adolescaria perla* entre le manteau et la coquille, mais dans différents organes et surtout à la base des lamelles branchiales; la vésicule gélatineuse renfermant le parasite peut donc s'imprégner de calcaire ailleurs qu'au contact direct de l'épithélium palléal, mais il est toujours permis de supposer que le parasite a entraîné avec lui quelques cellules épithéliales qui, en se multipliant dans les tissus, ont donné naissance au sac perlier.

MÉDECINE. — *Similitudes des chocs en médecine; leur superposition dangereuse, mais évitable.* Note de M. **Foveau de Courmelles**, présentée par M. Bazy.

M. Louis Bazy a signalé en 1922 le cas d'une fibromateuse irradiée aux rayons X, puis il eut recours à l'intervention chirurgicale qui fut simple et sans complications. Cependant, la malade succomba. D'autre part, quelques

([1]) *Mém. Acad. imp. Sciences Saint-Pétersbourg*, 8e série, Classe physico-mathématique, vol. 30, n° 5 (voir p. 38-39, 90, 126, pl. V, fig. 80-81).

chirurgiens ont signalé le choc opératoire plus intense chez des malades antérieurement radiothérapisées.

Peu après les premières applications des rayons X au traitement des fibromes ([1]), je signalai des accidents, hypotension, fièvre, courbature, plus ou moins intenses chez des patientes irradiées avec intervalles. En mai 1904, les chocs hémoclasique, anaphylactique étaient inconnus, et je me bornai à constater et publier le premier fait assez inquiétant venant de se produire. J'en eus, ensuite, d'autres moins graves. Les intensités étaient faibles : je procédai alors par séries de dix séances avec longs intervalles de repos, de façon à laisser aux radiations le temps d'agir et de s'éliminer. Les accidents de choc, indéniables à la clarté actuelle des travaux de MM. Ch. Richet, F. Widal, ne se produisaient pas au début des applications, ni même par leur cumul, mais après un repos et une reprise des séances, donc, par choc anaphylactique ou anaphylactoïde.

Un cas récent, très typique, a été également cité à la *Société de Chirurgie*, en 1922, par M. Auvray : il s'agissait d'un fibrome traité plusieurs années sans accidents, puis, après une application de deux heures, une poussée de pelvipéritonite se produisit. Il s'agissait donc là encore d'un véritable choc, de cause réelle, vraisemblablement due à une application brusquement plus intense et plus longue.

La *radio-anaphylaxie*, comme je l'appelle, existe donc ([2]), et je n'en veux faire état que pour démontrer le choc par les radiations se pouvant ajouter à d'autres chocs, médicamenteux, traumatique, opératoire, pouvant par suite produire des accidents graves, voire mortels, et dont la cause paraissait inconnue. Le cas publié par M. Louis Bazy ne doit pas être le seul, et son explication par superposition de deux chocs peut permettre d'en éviter le retour.

L'état de choc étant connu, se révélant par l'état du sang, des variations globulaires, de la tension artérielle, la coagulation, l'indice réfractométrique, etc., on n'opérera pas immédiatement un ou une malade en état de choc radio-anaphylactique.

Inversement, dans les cas de cancers opérés, on irradie souvent assez rapidement après l'acte chirurgical, pour empêcher ou retarder les récidives ; parfois même, certains opérateurs ont fait irradier, la plaie ouverte.

([1]) Foveau de Courmelles, *Comptes rendus*, 11 janvier 1904.
([2]) *Société de Pathologie comparée*, 11 avril, 13 juin et 14 novembre 1922.

On voit qu'il conviendra également, dans ces cas, de vérifier l'état des patients au point de vue du choc chirurgical, et s'il existe, d'attendre qu'il soit disparu, avant de procéder à la radiothérapie.

C'est l'état de choc de la radiothérapie dite profonde si vantée à l'heure présente qui a produit le nombre de cas de morts déjà publiés (à côté de plus nombreuses guérisons retentissantes). Les expériences faites sur des organes isolés puis ramenés à la circulation générale, des sujets en expérience, ont montré des phénomènes de floculation mortels. Ceci est à rapprocher de cas de blessés de guerre pris dans des éboulements par un membre par exemple, sortant indemnes en apparence, puis en proie à des phénomènes graves, et mourant. Les produits toxiques ou mieux floculés (A. Lumière) ont envahi l'organisme et ce choc en a supprimé toute vitalité.

Certaines brûlures industrielles électriques, en apparence très localisées, peu graves, certains corps chimiques corrodant une petite région, ont parfois une action ultérieure, allant même jusqu'à la mort, et vraisemblablement par entraînement, dans tout l'organisme, de produits floculés d'abord sur place.

MM. H. Vallée et L. Bazy pensent que l'intoxication déterminant le choc des blessés de guerre peut être due aux toxines sécrétées par les microbes anaérobiés infectant les plaies. Dans le choc radio-anaphylactique produit souvent sans ulcération apparente, l'explication paraît différente. Mais les manifestations, les résultats, les phénomènes résultants semblent bien démontrer la similitude des chocs et leur addition possible.

Quoi qu'il en soit, les chocs, quelle que soit leur origine, paraissent analogues et superposables. En matière de radiations, rayons X, radium, ultraviolets sont parfois interchangeables. Quand on le peut, l'urgence ne s'imposant pas toujours, on doit donc éviter toute superposition de chocs, la valeur de chacun étant encore difficile à apprécier exactement et variant d'ailleurs avec chaque individu; ainsi, croyons-nous, bien des morts ou des accidents graves seront évités.

A $15^h 10^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $15^h 50^m$.

É. P.

ERRATA.

(Séance du 3 avril 1923.)

Note de M. *de Sparre*, Sur le rendement des turbines à réaction munies de tubes d'aspiration :

Page 937, formule (5), *au lieu de*

$$(5)\quad (p+q_1\mu)z^2-2n(\mu i+l)z$$
$$-m(\mu i+l)^2-\mu^2 z^2\frac{r_1^2}{r_0^2}\sin\beta_1\cot\beta_1'\left[\cot\beta_1'-2\left(\frac{\mu i+l}{\mu z\sin\beta_1}-\cot\beta_1\right)\right]=0,$$

lire

$$(5)\quad (p+q_1\mu^2)z^2-2.n(\mu i+l)z$$
$$-m(\mu i+l)^2+\mu^2 z^2\frac{r_1^2}{r_0^2}\sin^2\beta_1\cot\beta_1'\left[\cot\beta_1'-2\left(\frac{\mu i+l}{\mu z\sin\beta_1}-\cot\beta_1\right)\right]=0.$$

Page 938, ligne 12, *au lieu de*

$$l_1'=2\frac{\mu mi+\mu\nu_1' z-nz(z-1)}{A}l_0,$$

lire

$$l_2'=2\frac{\mu mi+\mu\nu_1' z-nz(z-1)}{A}-l_0.$$

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MARDI 22 MAI 1923.

PRÉSIDENCE DE M. ALBIN HALLER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du décret, en date du 15 mai 1923, qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Marin Molliard** pour occuper, dans la Section de Botanique, la place vacante par le décès de M. *Gaston Bonnier*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Marin Molliard** prend place parmi ses Confrères.

En annonçant à l'Académie le décès de M. **de Freycinet**, M. **A. Haller** a prononcé l'allocution suivante :

Un nouveau et grand vide vient de se produire dans les rangs de notre Compagnie. M. **de Freycinet**, notre Doyen à tous, au double point de vue de l'âge et de l'ancienneté parmi ses confrères, s'est éteint lundi dernier, à l'âge de 94 ans. Il appartenait à la Section des Académiciens libres. Sorti parmi les premiers de l'École Polytechnique en 1848, il choisit la carrière des Mines. Depuis lors il a joué un rôle de premier plan soit comme ingénieur au Corps des Mines, soit comme administrateur, soit comme organisateur de la Défense nationale en 1870, soit, enfin, comme homme de gouvernement. Les importantes fonctions, qu'à ces divers titres il a remplies avec tant de distinction, ne l'ont pas empêché de faire œuvre scientifique, philosophique et sanitaire.

On doit à M. de Freycinet une *Étude géologique sur le bassin de l'Adour*;

un *Traité de Mécanique rationnelle;* un volume sur l'*Analyse infinitésimale, étude de la métaphysique sur le haut calcul;* des *Recherches mathématiques sur les dépenses des rampes de chemin de fer;* des *Essais sur la philosophie des sciences*, etc.

Toutefois, la partie de son œuvre qui, à l'époque, a spécialement attiré l'attention de l'Académie est celle qui se rattache à l'hygiène des villes, des manufactures et des cours d'eau.

Chargé comme Délégué du Ministère des Travaux publics et du Comité consultatif des Arts et Manufactures, de missions en France et à l'étranger, M. de Freycinet a consigné, dans une série de rapports remarquables, le résultat des études et des observations qu'il a eu l'occasion de faire au cours de ses nombreuses enquêtes : *Rapports sur l'assainissement des Industries en Angleterre; Rapports sur l'assainissement municipal en Belgique et en Prusse; Rapports sur les eaux d'égouts à Londres et l'emploi desdites eaux en agriculture; Rapport sur le travail des enfants et des femmes dans les manufactures en Angleterre.*

A la suite d'une appréciation très élogieuse de Chevreul, ces derniers travaux lui valurent le prix Montyon en 1869.

Lors de la candidature de M. de Freycinet à l'Académie, en 1882, J.-B. Dumas s'exprima d'une façon non moins élogieuse sur l'œuvre de notre regretté confrère : « Les Ouvrages de M. de Freycinet sur ces diverses matières touchant à la police industrielle réunissent donc au mérite « de la » clarté et de la méthode dans l'exposition des faits » signalés par notre confrère M. Chevreul, celui d'une incontestable opportunité, et chacun d'eux a obtenu la sanction qu'il pouvait espérer en provoquant des mesures législatives ou administratives faisant passer dans la pratique les vues qui s'y trouvaient exposées. »

L'Académie gardera un souvenir durable du grand Français qu'était M. de Freycinet, ainsi que du Confrère courtois et discret dont les conseils étaient toujours appréciés, parce que dictés par un sens psychologique très fin, une parfaite connaissance des hommes et des choses, un dévouement à toute épreuve envers son pays et un haut sentiment du devoir.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Johs Schmidt**, Directeur du Laboratoire Carlsberg, à Copenhague, qui assiste à la séance.

ZOOLOGIE. — *Caractères à rechercher pour le classement des Gastéropodes de la famille des Cypræidés.* Note (¹) de M. **A. Vayssière.**

Les caractères des animaux de la plupart des Gastéropodes Prosobranches marins sont peu ou pas connus, de telle sorte que la systématique de ce grand groupe de l'embranchement des Mollusques est basée presque exclusivement sur les caractères conchyliologiques. En entreprenant des recherches zoologiques et anatomiques sur toutes les espèces de la famille des Cypræidés, j'ai voulu essayer de montrer que les caractères tirés de la coquille ne suffisaient pas pour établir les genres et sous-genres d'une famille.

J'ai choisi les Cypræidés parce que ce groupe offre beaucoup d'unité dans la constitution de la coquille, même en comprenant, comme l'a fait P. Fischer, en dehors des Cypræa et des Trivia, les Ovula avec tous ses sous-genres, les Erato et les Pédicularia.

La première partie de ces recherches, qui va paraître dans le tome 18 des *Annales du Musée d'Histoire naturelle de Marseille*, comprend l'étude de 24 Cypræa, de 5 Trivia, et de 6 Ovula. La majeure partie de ces espèces habite les régions tropicales ou subtropicales, au milieu des coraux, aussi est-ce souvent sur les individus conservés dans l'alcool que j'ai dû étudier leurs caractères zoologiques, encore reconnaissables bien que plus ou moins modifiés sous l'action du liquide conservateur.

J'ai pris comme caractères zoologiques de ces bêtes, en sus de ceux de la coquille, la coloration des téguments, la forme des papilles palléales, du siphon, de la branchie, de l'osphradium et de la glande hypobranchiale; la structure des mâchoires et de la radula. Enfin j'ai étudié chez quelques types frais (Trivia et Ovula) la morphologie de la partie centrale du système nerveux.

Voici les quelques résultats auxquels je suis arrivé.

Au point de vue du système nerveux, les centres pédieux dans les genres Cypræa et Ovula offrent la même forme prolongée (radiciforme), tandis que dans le genre Trivia ces centres sont ovoïdes.

L'osphradium est triradié chez les Cypræa et les Ovula, tandis qu'il est penné et en arc chez les Trivia. Les dimensions de l'osphradium varient

(¹) Séance du 14 mai 1923.

beaucoup chez les Cypræa, d'une espèce à l'autre, tout en demeurant assez grandes par rapport à la branchie, tandis que chez les Ovula cet organe est de très petite taille, variant peu d'une espèce à l'autre.

Chez les Trivia l'osphradium avait proportionnellement le même volume chez les cinq espèces étudiées.

L'étendue de la branchie cténiforme, ainsi que sa courbure, offrent aussi des variations assez grandes chez tous les Cypræidés, mais elles sont aussi nombreuses dans tous les genres de cette famille.

Les papilles qui garnissent les bords du mantean et souvent aussi les côtés du corps, par leur forme et par leur nombre, constituent de très bons caractères spécifiques chez ces Mollusques, même étudiés sur des animaux conservés dans l'alcool.

Les mâchoires font totalement défaut dans le genre Cypræa comme j'ai pu le constater sur 24 espèces; elles sont au contraire assez étendues chez les Trivia et beaucoup moins chez les Ovula. Comme constitution elles sont formées par de minuscules bâtonnets cornés pressés les uns contre les autres.

La radula est bien développée chez tous les Cypræidés, mais dans chaque genre les différentes pièces (toujours en même nombre, 2, 1, 1, 1, 2, sauf chez les Pédicularia où l'on trouve une marginale de chaque côté) offrent un certain nombre de caractères propres à celui-ci. Chez les Cypræa les dents médianes ne possédent qu'un seul denticule de chaque côté de leur cuspide, denticule qui peut s'atrophier chez quelques espèces (*C. lurida* et *sulcidentata*); chez les Ovula et chez les Trivia ces pièces sont toujours pluridenticulées, à l'exception de l'*Ovula* (Calpurnus) *verrucosa* où la médiane ne possède qu'un minuscule denticule de chaque côté de sa grande cuspide.

Les dents latérales sont plus ou moins unguiformes et allongées chez les Cypræa et chez les Trivia, avec ou sans (*C. sulcidentata* et *Tr. europæa*) denticules latéraux, un interne et un externe; ou seulement un externe (*C. umbilicata*), ou un interne (*Tr. australis*, *exigua* et *pellucidula*). Chez les Ovula, les dents latérales sont flabelliformes avec leur bord supérieur toujours multidenté.

Ces quelques résultats obtenus pour faciliter et préciser le classement des genres, sous-genres et espèces dans cette famille, ne me paraissent pas suffisants pour en permettre une révision complète; il est nécessaire pour pouvoir établir des divisions plus définitives de connaître tous les caractères d'un certain nombre de types spéciaux tels que les *C. capensis*, *fuscodentata*, *edentula*, *algoensis*, *etc.*; les *Tr. oniscus*, *ovula*, *cicercula*, *Childreni*, *pustulata*, *etc.*, ainsi que les *Ov. volva*, les *Erato* et les *Pedicularia*.

La connaissance de tous les caractères zoologiques de ces divers types permettra de faire un classement naturel des divers genres et sous-genres de Cypræidés; probablement il sera nécessaire alors de créer de nouveaux groupes génériques pour plusieurs d'entre eux.

En continuant ces recherches, c'est le but que je me propose et que j'ai l'espoir de réaliser s'il m'est possible de recevoir dans l'alcool la plupart d'entre eux.

NOMINATIONS.

M. H. **Le Chatelier** est désigné pour représenter l'Académie au Jubilé de M. *Emanuele Paterno*, le 6 juin, à l'Institut chimique de l'Université de Rome.

M. H. **de Chardonnet** est désigné pour représenter l'Académie à la cérémonie qui aura lieu, à Marnes-la-Coquette, le 10 juin à l'occasion du centenaire de *Pasteur*.

CORRESPONDANCE.

L'**Institut Royal Vénitien des sciences, des lettres et des arts** adresse son hommage respectueux à l'occasion du centenaire de Pasteur.

M. le **Secrétaire perpétuel** donne lecture de la communication faite par M. le Ministre de la Marine d'un rapport de M. l'ingénieur hydrographe principal **Pélissier**, directeur des travaux de la Mission hydrographique de l'Indo-Chine concernant la formation d'une île volcanique nouvelle au sud de Poulo-Cécir de Mer. Il est extrait de ce rapport le passage suivant :

« Un télégramme reçu par la Marine à Saïgon le 2 mars 1923 faisait connaître que le *Wakasa Maru* avait observé le 9 mars 1923 dans l'après-midi une violente action volcanique par environ 10° 10′ Nord, 109° 0′ Est Greenwich.

Le 9 mars 1923 un nouveau télégramme signalait la formation récente d'une île volcanique par 10° 10′ Nord, 109° 0′ 20″ Est soit à 20 milles environ dans le sud de Poulo-Cécir de Mer et indiquait que cette île avait environ 450^{m} de long et 30^{m} de haut.

Le commandant de la Marine donna l'ordre le 13 mars à la Mission Hydrographique d'effectuer la reconnaissance de cette île nouvelle. Cette reconnaissance a été effectuée les 15, 16 et 17 par l'*Astrolabe*.

D'autre part, le 14 mars, le Directeur des îles et du pénitencier de Poulo-Condore faisait connaître au Gouvernement de la Cochinchine que de grandes quantités de matières volcaniques avaient été amenées par la mer, dans la nuit du 10 au 11 mars, dans cette grande île qui est située à 170 milles environ de l'île nouvelle.

Enfin, les habitants de Poulo-Cécir de Mer remettaient le 17 mars à la Mission Hydrographique un document relatant que diverses secousses sismiques avaient été ressenties dans leur île avec une certaine violence les 10, 12 et 16 février, puis avec moins de violence jusqu'au 22 février, date de leur disparition. Ils n'avaient pas encore aperçu l'île volcanique dont ils ignoraient l'existence et que la Mission Hydrographique leur a montrée du haut du sommet de 108^m de l'île (ces habitants semblent ignorer d'ailleurs l'existence des Catwick et de Poulo-Sapate.

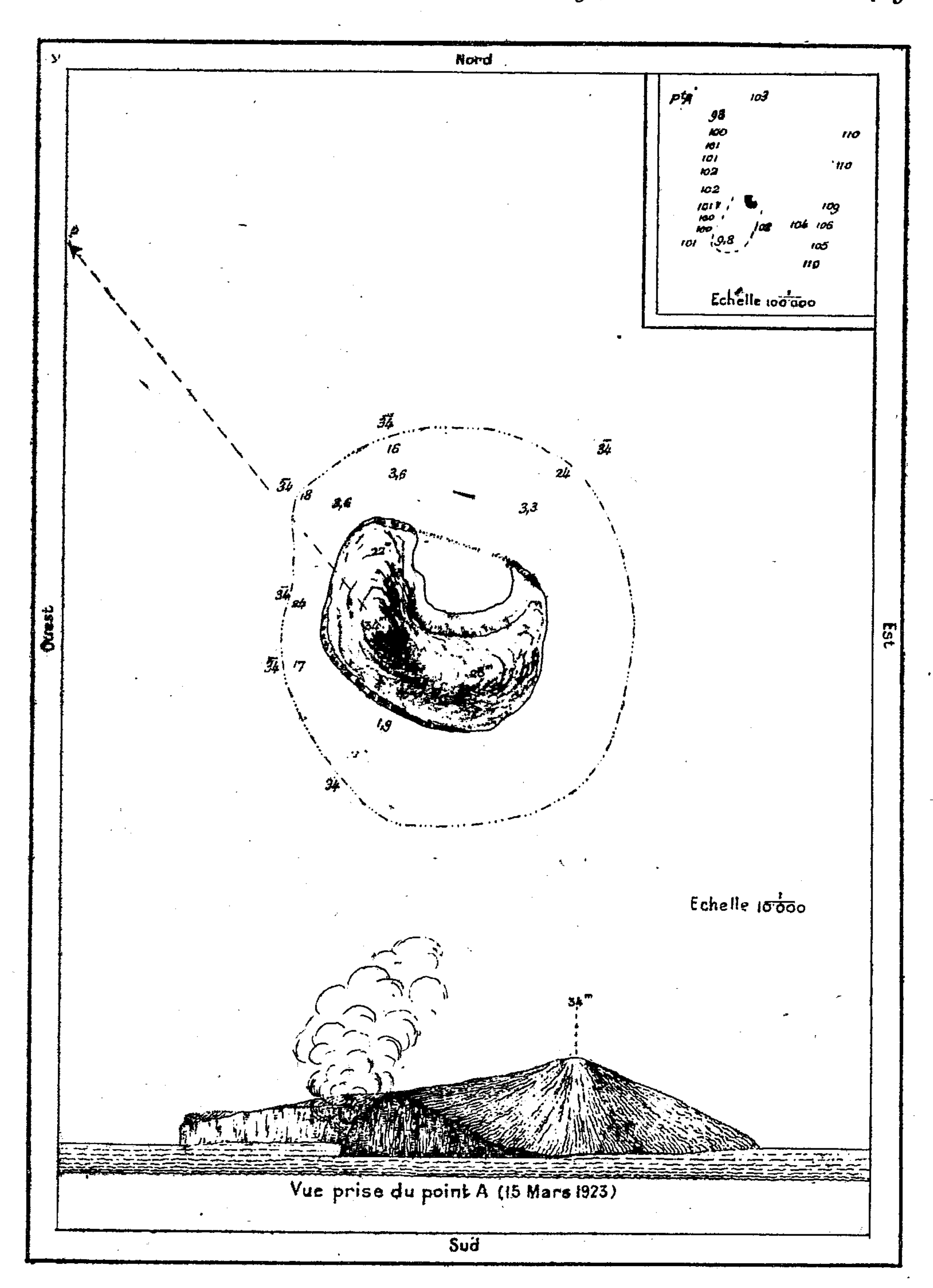
La reconnaissance de l'île volcanique a été effectuée le 15 et le 17. On s'est rattaché, pour placer l'île et les sondes environnantes aux positions données sur la carte marine n° 1271 pour les îles Poulo-Sapate, grande Catwick et petite Catwick qui ont pu être parfaitement visées.

Le 15 mars au matin, l'île présentait une grande activité volcanique. Elle a été aperçue à $6^h 45^m$ par l'*Astrolabe*, et à $7^h 10^m$ une colonne épaisse et noire de plus de 100^m de haut apparaissait pendant 5 minutes. Au cours de la journée, diverses éruptions de moins d'importance ont été notées. Des sondages ont été effectués au nord et à l'est de l'île et les fonds sont restés voisins de 100^m, comme l'indique la carte 1271.

Le 16 mars, les renseignements, déjà signalés, ont été recueillis à Poulo-Cécir de Mer et l'on a cherché à rattacher l'île nouvelle à des positions soigneusement établies de la carte marine. Malheureusement, la visibilité était mauvaise et l'on n'a vu de Poulo-Cécir de Mer que le rocher élevé qui est situé à 5 milles de la station et l'île nouvelle. Il a été impossible d'apercevoir le mont Takou, Poulo-Sapate et la grande Catwick.

Le 17, entre 7^h et 9^h, on a pu facilement débarquer sur l'île volcanique et en faire le plan. La position a été déterminée en visant Poulo-Cécir de Mer, les deux Catwick et Poulo-Sapate. On a trouvé pour la position du sommet latitude Nord $10° 10' 10''$ N; longitude Est Greenwich $108° 59' 0''$ N.

Le terrain de l'île est constitué par un amoncellement de débris très


Nord
Ouest
Est
Sud
Echelle 1/100 000
Echelle 1/10 000
Vue prise du point A (15 Mars 1923)

petits d'une substance noire poreuse très légère. Les débris qui ont été portés jusqu'à Poulo-Condore sont plus légers encore et flottent. Cependant des morceaux plus compacts constituant des blocs d'une certaine grosseur sont répandus en divers endroits et particulièrement sur la crête. Le plus gros bloc aperçu est une sorte de prisme de 75^{cm} de hauteur et de 50^{cm} de côté.

Comme on le voit sur la figure, le cratère est dans le NE de l'île. Les débris les plus légers ont été poussés par la mousson dans le SW. D'autre part, les petits fonds s'étendent dans le Nord plus loin du rivage que dans le Sud et les deux cornes de la demi-lune sont terminées par de petites falaises formant une cassure très nette. Il semble que la partie NE de l'île, qui avait vraisemblablement moins d'épaisseur que la partie SW, s'est effondrée. En résumé, l'île paraît fort peu solide et il est probable que si l'activité volcanique n'apporte pas de nouveaux matériaux, elle sera profondément modifiée par l'action des lames.

Quelques sondes en baleinière ont été faites autour de l'île après l'achèvement du levé topographique. L'île est très accore; la ligne des fonds de 30^{m} est au maximum à 150^{m} du rivage.

Entre 10^{h} et 13^{h} on a recueilli des échantillons d'eau à diverses profondeurs et la température à ces mêmes profondeurs. Les échantillons du sol ainsi que les échantillons d'eau recueillis sont envoyés au Muséum de Paris.

Dans l'après-midi, à bord de l'*Astrolabe*, les sondes ont été continuées au sud et à l'ouest de l'île. Des profondeurs voisines de 100^{m} ont été partout obtenues, bien que les profils suivis passent à moins de 800^{m} de l'île.

Enfin, l'*Astrolabe* est venue le soir près de la grande Catwick qu'il a été très facile d'accoster en baleinière. Le temps était très beau mais il y avait un peu de houle. Il est relativement facile d'atteindre le sommet de la grande Catwick. Cependant on s'est contenté d'une station au théodolite à flanc de rocher et on a pu relever l'île nouvelle, la petite Catwick et Poulo-Sapate.

Des débris de matériaux légers et poreux qui provenaient de l'île volcanique ont été trouvés à l'embouchure du Bassac vers le 20 janvier.

M. l'ingénieur des Travaux publics, chef du Service maritime à Saïgon, s'est rendu lui-même sur l'île nouvelle à bord du baliseur *Armand-Rousseau*, le 29 mars. Des différences importantes avec les résultats obtenus le 17 ont été constatées. »

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *The pears of New York*, by U. P. Hedrick, assisted by G. H. Howe, O. M. Taylor, E. H. Francis, H. B. Tukey.

2° *Les spectres et la structure de l'atome*, par Niels Bohr. Traduit par A. Corvisy. (Présenté par M. G. Urbain.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une opération fonctionnelle généralisant la dérivation d'ordre non entier.* Note [1] de M. **Paul Lévy**, présentée par M. Hadamard.

1. Soit $\Lambda(x)$ une fonction paire de x, définie pour x assez grand, et telle que, pour x infini, $\frac{x\Lambda'(x)}{\Lambda(x)}$ tende vers zéro, par valeurs d'un signe déterminé; elle peut donc être nulle ou infinie, mais $\frac{\log\Lambda(x)}{\log x}$ tend vers zéro. Posons

$$\lambda(z) = \left[\Lambda\left(\frac{1}{z}\right)\right]^{-1},$$

$$\mathfrak{J}_z^\alpha[f(z)] = \int_0^z \frac{(z-u)^{\alpha-1}}{\Gamma(\alpha)} \frac{f(u)}{\lambda(z-u)}\,du, \tag{1}$$

$$\mathfrak{D}_z^\alpha[f(z)] = \mathfrak{J}_z^{-\alpha}[f(z)] = \frac{d^n}{dz^n}\mathfrak{J}_z^{n-\alpha}[f(z)], \tag{2}$$

α étant positif et n étant le plus petit entier supérieur à α [on pourrait d'ailleurs prendre un entier plus élevé; cela changerait l'expression (2), mais les résultats qui suivent resteraient exacts]. On a le résultat suivant : *Si l'expression* (2) *tend, pour* $z = 0$, *vers une limite non nulle* c, *les expressions analogues obtenues en remplaçant* α *par des nombres plus petits restant finies, la fonction* $f(z)$ *a pour valeur principale* $\frac{c}{\Gamma(\alpha+1)}|z|^\alpha\lambda(z)$. [Du moins en est-il ainsi si $\frac{zf'(z)}{f(z)}$ tend vers une limite finie; mais cette restriction ne semble pas nécessaire.]

Par application de ce théorème, on obtient le suivant, relatif à la fonction caractéristique

$$\varphi(z) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{izx} f(x)\,dx.$$

---

[1] Séance du 14 mai 1923.

Si, pour x assez grand, on a

$$f(x) = \frac{c}{|x|^{\alpha+1}\Lambda(x)}, \quad \left(\alpha > 0, \sin\frac{\pi}{2}\alpha \neq 0\right), \tag{3}$$

$\varphi(z)$ est la somme d'un polynome de degré inférieur à α et d'une fonction dont la valeur principale, pour z infiniment petit, est

$$-\frac{\pi c |z|^{\alpha}\lambda(z)}{\sin\frac{\pi}{2}\alpha\Gamma(\alpha+1)}.$$

Ce résultat généralise ceux de ma Note du 23 avril; on généralise de même ceux de ma Note du 7 mai relative au cas où la fonction $f(x)$ n'est pas paire.

2. Désignons par $x^{(\alpha,\beta,\gamma)}$ une fonction égale à $x^{\alpha}(\log|x|)^{\beta}(\log\log|x|)^{\gamma}$ si x est grand, et à $\left(\frac{1}{x}\right)^{(-\alpha,-\beta,-\gamma)}$ si x est petit; nous considérerons (α, β, γ) comme un exposant symbolique, que l'on peut représenter aussi, en introduisant le nombre transfini ω, par $\alpha + \frac{\beta}{\omega} + \frac{\gamma}{\omega^2}$. L'ordre de grandeur relatif de deux exposants sera défini par le premier des éléments α, β, γ, qui n'a pas la même valeur dans les deux.

Si $z^{\alpha}\lambda(z) = z^{(\alpha,\beta,\gamma)}$, on peut définir une opération fonctionnelle qui remplace avec avantage celle définie par les formules (1) et (2). Désignons par I_z^{α} ce que devient $\mathfrak{I}_z^{\alpha}$ quand $\lambda(z) = 1$ (c'est alors l'intégration d'ordre fractionnaire de Riemann), et par J_z^{α} ce que devient I_z^{α} quand on prend $-\infty$, au lieu de zéro, comme limite inférieure de l'intégration; cela simplifie l'application aux fonctions a^z, [$|a| > 1$; on trouve $a^z(\log a)^{-\alpha}$], et $\frac{a^z}{\Gamma(-z)}$ (quel que soit a). Posons

$$I_z^{(\alpha,\beta,\gamma)}[f(z)] = J_{-\beta}^{\gamma} J_{-\alpha}^{\beta} I_z^{\alpha}[f(z)]. \tag{4}$$

On a

$$I_z^{(\alpha+\alpha',\beta+\beta',\gamma+\gamma')}[f(z)] = I_z^{(\alpha,\beta,\gamma)}\left\{I_z^{(\alpha',\beta',\gamma')}[f(z)]\right\}, \tag{5}$$

$$I_z^{(\alpha,\beta,\gamma)}[f(z)] = \frac{\partial^{l+m+n}}{\partial z^l\,\partial\alpha^m\,\partial\beta^n}\left\{I_z^{(\alpha+l,\beta+m,\gamma+n)}[f(z)]\right\}. \tag{6}$$

Cette dernière formule donne, quels que soient les signes de α, β, γ, une définition de $I_z^{(\alpha,\beta,\gamma)}$ indépendante du choix des entiers l, m, n.

L'opération $I_z^{(-\alpha,-\beta,-\gamma)}$ ainsi bien définie constitue ce que nous appellerons la *dérivation d'ordre* (α, β, γ) *par rapport à* z. Alors, *si la dérivée d'ordre*

(α, β, γ) *de* $f(z)$ *tend, pour* $z = 0$, *vers une limite non nulle* c, *les dérivées d'ordres inférieurs restant finies, la fonction* $f(z)$ *a pour valeur principale*

$$\frac{c}{\Gamma(\alpha+1)} z^{(\alpha,\beta,\gamma)}.$$

3. *Applications.* — 1° Les formules (5) et (6) conduisent à la résolution d'équations intégrales généralisant celle d'Abel. Ainsi, si $0 < \alpha < 1$, l'équation

$$I_z^{(\alpha,-1)}[f(z)] = \int_0^z \frac{(z-u)^{\alpha-1}}{\Gamma(\alpha)} \left[\log(z-u) - \frac{\Gamma'(\alpha)}{\Gamma(\alpha)}\right] f(u)\, du = g(z)$$

est résolue par la formule

$$f(z) = I_z^{(-\alpha,1)}[g(z)] = \frac{d}{dz}\int_0^z g(u)\, du \int_\infty^{1-\alpha} \frac{(z-u)^{\beta-1}}{\Gamma(\beta)}\, d\beta.$$

2° Il résulte du n° 1 que, si $0 < \alpha < 2$, on peut former une loi de probabilité pour laquelle le logarithme de la fonction caractéristique $\varphi(z)$ a pour valeur principale, pour $z = 0$, $-|z|^\alpha \lambda(z)$. Cela est également possible, pour $\alpha = 0$, si $\lambda(z)$ s'annule avec z, et pour $\alpha = 2$, si $\lambda(z)$ devient infini.

Supposant $0 < \alpha \leqq 2$, considérons la somme X de n variables indépendantes obéissant à cette loi. Elle est de l'ordre de grandeur du nombre N racine de l'équation $N^\alpha \Lambda(N) = n$, et le quotient $\frac{X}{N}$ obéit à une loi tendant, pour n infini, vers la loi L_α pour laquelle $\log\varphi(z) = -|z|^\alpha$. Ainsi la fonction $\lambda(z)$ influe seulement sur l'ordre de grandeur de X, mais non sur la forme de la loi de probabilité obtenue à la limite [1].

---

[1] Si $\alpha = 0$, on peut encore définir N par $\Lambda(N) = n$; mais dans ce cas ce nombre indique seulement une limite supérieure de l'ordre de grandeur de X; $\frac{X}{N}$ obéit à la limite à une loi pour laquelle $\varphi(z) = 1$; la seule valeur possible est zéro. Il est alors naturel de remplacer N par une fonction $\mathfrak{N}$ de n croissant moins rapidement. Quelle que soit cette fonction, les seules valeurs possibles de $\left|\frac{X}{\mathfrak{N}}\right|$, à la limite, sont 0 et ∞; les probabilités relatives de ces deux valeurs dépendent seules du choix de $\mathfrak{N}$. Cela tient à ce que les diverses valeurs possibles de X sont d'ordres de grandeur très différents; la probabilité que $\log|X|$ reste compris entre deux nombres donnés, fonctions de n, tend vers zéro, si la différence de ces deux nombres reste finie.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques transformations d'équations aux dérivées partielles*. Note [1] de M. **P. Zervos**, présentée par M. Goursat.

M. Goursat [2] a déterminé toutes les équations aux différentielles totales

$$du = F(x, y, z, p, u)\,dx + \Phi(x, y, z, q, u)\,dy, \tag{1}$$

dont la condition d'intégrabilité conduit à une équation de la forme

$$s + g(x, y, z)pq + a(x, y, z)p + b(x, y, z)q + c(x, y, z) = 0$$

lorsque les dérivées $\frac{\partial^2 F}{\partial p^2}$ et $\frac{\partial^2 \Phi}{\partial q^2}$ sont différentes de zéro.

M. Goursat [3] a examiné aussi le cas où F est une fonction linéaire de p et Φ une fonction linéaire de q.

J'ai tenté d'appliquer la méthode de M. Goursat à l'équation

$$s + hp^2 + gpq + kq^2 + ap + bq + c = 0, \tag{1 bis}$$

et à d'autres équations de la forme $Ar + Bs + \Gamma t + \Delta = 0$.

I. Étudions le cas où l'équation (1) provient sans aucune réduction de la condition d'intégrabilité d'une équation de la forme

$$du = f(x, y, z, p)\,dx + \varphi(x, y, z, q)\,dy; \tag{2}$$

cherchons des cas où l'équation (1) admet des multiplicateurs de la forme

$$\lambda = \Sigma A_i p^i - \Sigma B_i q^i + A_{-1}p^{-1} - B_{-1}q^{-1} \quad (i = -2, -3, \ldots, -m, 0, 1, 2, \ldots, n), \tag{3}$$

c'est-à-dire des cas où l'on peut avoir

$$\frac{\partial f}{\partial p} - \frac{\partial \varphi}{\partial q} = \lambda, \qquad \lambda E_1 = \frac{df}{dy} - \frac{d\varphi}{dx}, \tag{4}$$

où λ est de la forme (3) et

$$E_1 = hp^2 + gpq + kq^2 + ap + bq + c.$$

---

[1] Séance du 14 mai 1923.

[2] *Sur quelques équations du second ordre qui admettent une transformation de Bäcklund* (*Bulletin de la Société mathématique de France*, t. 49, 1921, p. 1-65).

[3] *Sur quelques transformations d'équations aux dérivées partielles* (*Bulletin des Sciences mathématiques*, octobre, novembre 1922).

De la première des relations (4) on tire

$$f=\sum_i A_i \frac{p^{i+1}}{i+1}+A_{-1}\log p+c_1(x,y,z), \qquad \varphi=\sum_i B_i \frac{q^{i+1}}{i+1}+B_{-1}\log q+c_2(x,y,z),$$

d'où la seconde devient

$$\lambda E_1=\sum \frac{dA_i}{dy}\frac{p^{i+1}}{i+1}+\frac{dA_{-1}}{dy}\log p+\frac{dc_1}{dy}-\sum \frac{dB_i}{dx}\frac{q^{i+1}}{i+1}-\frac{dB_{-1}}{dx}\log q-\frac{dc_2}{dx}.$$

On en déduit facilement les équations suivantes :

$$A_i h + A_{i+1}a + A_{i+2}c = \frac{1}{i+2}\frac{\partial A_{i+1}}{\partial y}$$

pour toute valeur de i différente de o, -1, -2;

$$A_i k = 0, \qquad A_i b + A_{i-1} g = \frac{1}{i}\frac{\partial A_{i-1}}{\partial z}$$

pour toute valeur de i différente de o, 1, 2;

$$(A_0-B_0)h + A_1 a + A_2 c = \frac{1}{2}\frac{\partial A_1}{\partial y}, \qquad A_1 g + A_2 b - B_1 h = \frac{1}{2}\frac{\partial A_1}{\partial z},$$
$$A_2 k - B_2 h = 0.$$

On a aussi les équations qu'on prend en échangeant les A, h, k, a, b par les B, k, h, b, a.

On voit que, si nous supposons $h=0$, il faut aussi supposer

$$k=b=c=0$$

pour avoir un multiplicateur de la forme (3). Cherchons alors un multiplicateur de la forme

$$A_{-1}p^{-1}+A_{-2}p^{-2}.$$

On trouve

$$A_{-2}\left(\frac{\partial h}{\partial z}-gh\right)-\frac{\partial(Xh)}{\partial x}=0,$$

où X est une fonction arbitraire de x.

Ainsi, par exemple, on peut avoir

$$\lambda=\frac{X}{p}+\frac{1}{\omega\sigma}\frac{1}{p^2},$$

où ω est une fonction de x, y et σ une fonction de y, z. D'après cela, une

équation de la forme

$$s+\frac{\sigma}{X}p^2+\frac{\frac{\partial\sigma}{\partial y}}{\sigma}p+\frac{\frac{\partial\sigma}{\partial z}}{\sigma}pq=0$$

est une condition d'intégrabilité de l'équation de Pfaff :

$$du=\left[-\frac{1}{\omega_1\sigma}\frac{1}{p}+X\log p+X\log\sigma+\frac{y}{\omega_1 X}+\int\frac{\partial\mu}{\partial x}dy+X_1\right]dx$$
$$+\left[-\int_{z_0}^{z}\sigma\,dz+\mu(x,y)\right]dy,$$

où ω_1 et X_1 sont des fonctions arbitraires de x et μ une fonction arbitraire de x, y.

II. On pourrait aussi, pour une équation

$$Ar+Bs+\Gamma t+\Delta=0,$$

chercher des fonctions

$$\lambda(x,y,z,p,q),\quad f(x,y,z,p,q)\quad\text{et}\quad\varphi(x,y,z,p,q),$$

satisfaisant aux équations

$$(5)\qquad \frac{\partial f}{\partial p}-\frac{\partial\varphi}{\partial q}=\lambda B,\qquad -\frac{\partial\varphi}{\partial p}=\lambda A,\qquad \frac{\partial f}{\partial q}=\lambda\Gamma,\qquad \frac{df}{dy}-\frac{d\varphi}{dx}=\lambda\Delta.$$

On trouve, par exemple, en partant de ces conditions, que : une équation de la forme

$$\frac{\partial N(y,p,q)}{\partial p}r+\frac{\partial M(x,p,q)}{\partial q}t+\left[2u(x,y)+\frac{\partial M}{\partial p}+\frac{\partial N}{\partial q}\right]s$$
$$+\frac{\partial u}{\partial y}p+\frac{\partial u}{\partial x}q+\frac{\partial u_1}{\partial y}+\frac{\partial u_2}{\partial x}=0$$

(où u_1 et u_2 sont des fonctions arbitraires de x, y) est la condition d'intégrabilité de l'équation de Pfaff :

$$du=[M+up+u_1]\,dx-[N+uq+u_2]\,dy.$$

Si $B=0$, les conditions (5) nous donnent la condition nécessaire

$$\frac{\partial^2(\lambda\Gamma)}{\partial p^2}+\frac{\partial^2(\lambda A)}{\partial q^2}=0.$$

D'une façon générale, pour que la condition d'intégrabilité de l'équation (1) conduise à une équation où s est un polynome entier en p, q, de

degré n, f doit être de la forme $U(x, y, z, u) F(x, y, z, p) + P_n(p)$, P_n étant un polynome de degré n en p, et φ doit avoir une forme analogue, en supposant $\frac{\partial^{n+1} f}{\partial p^{n+1}}$ et $\frac{\partial^{n+1} \varphi}{\partial q^{n+1}}$ différents de zéro.

MÉCANIQUE. — *Mesure rapide et précise de la fréquence de rotation de l'arbre d'un moteur par la méthode stroboscopique.* Note de M. A. GUILLET, présentée par M. Appell.

La mesure de la vitesse angulaire de rotation de l'arbre d'un moteur au moyen de la méthode stroboscopique exige non seulement que l'on sache produire des éclairs à intervalles réguliers et fixes, mais encore qu'il soit possible de modifier à volonté ces intervalles, entre des limites étendues, d'une manière continue. Enfin, le stroboscope doit indiquer sa propre fréquence pour chacun de ses états.

J'ai pu réaliser aisément ces conditions à l'aide d'une corde vibrante à mouvement entretenu. J'ai indiqué ailleurs comment les vibrations d'une corde, métallique ou d'autre matière, sont perpétuées électriquement par le jeu d'un contact placé au point d'attache même de la corde, et cela en opérant soit par voie directe, soit, et de diverses manières, par voie d'induction. A la corde, et vers son milieu, est fixée une lamelle d'aluminium percée d'une fente étroite. Lorsque la corde est au repos cette fente est placée en regard et très près d'une autre fente identique pratiquée dans la paroi qui ferme la petite base d'un tronc de cône creux solidaire du support de l'appareil. Un faisceau de lumière dirigé dans le tronc de cône et concentré sur la fente permet alors d'éclairer une certaine région de l'espace. La corde vibrant à la fréquence N, les éclairs se succèdent donc à la fréquence $\nu = 2N$.

Rien n'est plus facile que de modifier, et d'une manière continue, la fréquence N. Pour cela la corde fixée invariablement au support par son extrémité inférieure est solidaire, par son extrémité supérieure, d'une pièce filetée qu'une vis à large tête divisée permet de déplacer par translation. On exerce ainsi sur la corde une traction progressive élevant ou abaissant, par degrés insensibles, la fréquence ν des éclairs.

Si ε est la largeur de la fente fixe supposée uniformément éclairée et a l'amplitude vibratoire de la fente mobile, elle aussi de largeur ε, la fente fixe sera découverte, en tout ou en partie, pendant le temps $\theta = \frac{1}{N\pi} \arcsin \frac{\varepsilon}{a}$,

soit $\frac{\varepsilon}{\pi N a}$ si ε ne représente qu'une assez faible portion de l'amplitude a. La quantité de lumière admise par demi-période a pour expression

$$2kh\varepsilon\frac{\theta}{2} - \frac{4kha}{\omega}\sin^2\frac{\omega\theta}{4},$$

soit approximativement $kS\frac{\theta}{2}$ dans le cas choisi; tout se passe comme si la fente restait complètement ouverte pendant la moitié de la durée de son intervention : dans le voisinage de la position d'équilibre le mouvement harmonique peut en effet être considéré comme uniforme et de vitesse $a\omega$ et les éclairs comme produits par un mobile décrivant une circonférence de rayon a avec la vitesse angulaire ω, aux époques où il passe par les deux points diamétralement opposés de sa trajectoire répondant à l'élongation nulle de la corde.

Pour procéder à la mesure de la fréquence X de l'arbre d'un moteur, sur lequel on a calé au préalable un petit disque blanc muni d'un trait noir suivant l'un de ses rayons, on opérera ainsi.

Ayant mis la corde en vibration et dirigé la lumière des éclairs sur le disque, on agit progressivement sur la vis du tenseur de manière à obtenir une figure immobile, constituée par les positions du trait que les éclairs rendent visibles et que la persistance des impressions reçues par la rétine associe. Si, aux fréquences croissantes des éclairs $\nu_0, \nu_1, \nu_2, \nu_3, \ldots$, on voit apparaître successivement un trait, une étoile à trois rayons, deux traits opposés, puis de nouveau une étoile à trois rayons, ..., on aura par exemple

$$X = \nu_0 = \frac{2}{3}\nu_1 = \frac{\nu_2}{2} = \frac{\nu_3}{3} = \ldots.$$

Plus généralement,

$$X = \left(j + \frac{p}{q}\right)\nu,$$

j, p, q étant trois nombres entiers où p et q sont premiers entre eux et tels que l'on ait $p < q$.

On obtiendrait une expression analogue en permutant les rôles des fréquences X et ν.

L'opérateur doit être averti de la grande variété des figures stroboscopiques. Une même apparence peut d'ailleurs répondre à des équations d'équilibre différentes, mais il ne saurait y avoir ambiguïté dans la pratique. Si l'on se trouvait embarrassé, l'examen du disque au miroir tournant lève-

rait l'indétermination, car les figures, géométriquement identiques, se différencient par la distribution de leurs éléments dans le temps. On sait comment ces mêmes apparences sont liées au problème de l'inscription des polygones réguliers ou aux modes de construction d'une figure plane, de symétrie d'ordre q par rapport à un axe perpendiculaire à son plan.

La corde étant parfaitement arrêtée à ses points d'attache, on gradue le tambour divisé en fréquences par enregistrement direct.

Dans la région où la loi des tensions des cordes vibrantes s'applique, on peut aussi déterminer la constante C du stroboscope en lisant les divisions n_0, n_1 du tambour qui répondent à deux fréquences N_0, N_1 enregistrées ou déduites par équilibre stroboscopique des fréquences d'un diapason, à masses mobiles, étalonné. On a alors

$$N_1^2 - N_0^2 = C(n_1 - n_0),$$

et par suite

$$X^2 = N_0^2 + C(n_x - n_0).$$

Comme un choix convenable des figures stroboscopiques permet de couvrir un champ étendu de fréquences X sans avoir à exagérer la tension et que celle-ci peut être d'autre part relativement grande sans occasionner d'allongement permanent, la graduation reste valable; elle peut d'ailleurs être vérifiée de temps à autre par un pointé stroboscopique sur diapason étalonné.

En opérant au *ralenti stroboscopique*, à l'aide d'éclairs de période T', de manière à reconstituer le phénomène étudié avec des états empruntés à des périodes se succédant de r en r, on obtiendrait pour la période apparente $\Theta = \frac{TT'}{T' - rT}$ conduisant à la relation $Y = X - r\nu'$ entre les fréquences correspondantes.

L'ajustement imparfait du stroboscope permet de suivre *à loisir* l'évolution périodique d'un mécanisme et les déformations des organes en mouvement.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur l'utilisation d'un mélange alcool-pétrole lampant à haute teneur d'alcool.* Note de M. **Dumanois**, présentée par M. G. Kœnigs.

L'utilisation de l'alcool dans les moteurs d'automobiles est, pour de sérieuses et multiples raisons, une question de premier ordre dont l'étude

fait actuellement, comme on sait, l'objet de recherches scientifiques particulièrement actives. En vue de réduire les consommations, le pouvoir calorifique réduit de l'alcool demande à être relevé par l'adjonction d'une certaine quantité de carburant de pouvoir calorifique sensiblement plus élevé. Divers carburants ont été proposés; je me suis adressé au pétrole le plus courant, au pétrole lampant, à l'exclusion de l'essence, comme étant le carburant dont le prix est le moins élevé. Des essais préliminaires nous ont montré que la composition optima se trouvait réalisée aux environs de 70 pour 100 d'alcool contre 30 pour 100 de pétrole lampant. Encouragé par ces premiers essais, nous avons pensé en faire un encore plus réel et probant en nous rendant à Toulouse où nous étions invités à la semaine des Carburants nationaux, et cela en utilisant la voiture même qui avait servi à nos premiers essais et en brûlant précisément le carburant constitué par le mélange défini ci-dessus. Cette voiture était une voiture de dix chevaux de série, *sans autre modification* que le changement des gicleurs et de la buse du diffuseur.

Dans ces conditions, le voyage de Paris à Toulouse, soit 720^{km}, a pu être effectué avec une charge de 300^{kg}, à une vitesse moyenne de 40^{km} à l'heure et avec une consommation de carburant de 10^{l} aux 100^{km}. Le trajet s'est effectué dans les conditions les plus normales, sans incident et sans que l'on ait eu à constater aucun encrassement; les reprises s'opèrent d'une façon des plus remarquables et il a été possible de faire la plus grande partie du parcours en prise directe, bien que le trajet Limoges-Cahors-Montauban soit spécialement accidenté. C'est précisément cette possibilité de marche en prise directe qui conduit, avec un carburant dont le pouvoir calorifique est pourtant inférieur de 40 pour 100 à celui de l'essence, à une consommation supérieure seulement de 10 pour 100.

MÉTALLURGIE. — *Contribution à l'étude des méthodes d'essais des fontes.* Note de M. **Jean Durand**, présentée par M. G. Charpy.

A diverses reprises, on a signalé l'intérêt que pourrait présenter l'étude de l'essai de résilience sur barreaux de fonte non entaillés.

Les résultats que nous présentons sont le résumé de nombreux essais effectués sur une gamme étendue de fontes de moulage.

Les éprouvettes, coulées en sable aux dimensions réglementaires ($40 \times 40 \times 250^{mm}$) des barreaux de choc prévus par les Spécifications

techniques unifiées des Chemins de fer français ont été soumises à l'essai du mouton à chute libre prescrit par ce cahier des charges : le barreau, placé sur deux couteaux distants de 160^{mm}, est soumis au choc d'un mouton de 12^{kg}; la hauteur initiale de chute est de $0^{m},35$; elle est augmentée de $0^{m},05$ à chaque coup de mouton jusqu'à la rupture.

Dans un des deux morceaux ainsi obtenus et à 20^{mm} de la cassure, ont été prélevées, suivant l'axe et près de la surface, deux éprouvettes de résilience de $10 \times 10 \times 55^{mm}$ non entaillées, pour essai au mouton-pendule Charpy de 30^{kgm}.

Après rupture, les éprouvettes de 10×10^{mm} ont été soumises à l'essai de bille (bille de 5^{mm} de diamètre et pression de 1000^{kg}).

Les résultats obtenus peuvent se résumer ainsi :

1° Les chiffres de résilience (¹) observés sur les échantillons bruts de coulée sont toujours très faibles; ils varient de $0^{kgm},17$ à $0^{kgm},39$: 95 pour 100 des essais ont donné une résilience de $0^{kgm},24$; 2 pour 100 ont donné une résilience de $0^{kgm},17$ et 3 pour 100 une résilience de $0^{kgm},39$.

2° Les différences de travail total de rupture entre divers échantillons essayés par chocs successifs ne se traduisent pas par une variation correspondante de la résilience :

	Numéro de l'échantillon.			
	5.	4.	11.	15.
Hauteur de rupture (en mètres) dans l'essai des chemins de fer	0,45	0,55	0,65	0,75
Travail total correspondant (en kgm)	14,4	27,0	42,0	59,4
Résilience (en kgm) :				
Éprouvette du bord	0,24	0,24	0,24	0,39
Éprouvette du centre	0,17	0,24	0,24	0,24

3° Les valeurs de la résilience semblent n'avoir aucune relation avec la dureté mesurée à la bille, ainsi que le montrent deux échantillons de duretés très différentes :

(¹) Le terme de résilience est employé ici pour abréger l'expression, puisqu'il doit être réservé proprement à l'essai de flexion par choc sur barreau entaillé.

On peut cependant admettre que les localisations de graphite constituent une entaille.

	Numéro de l'échantillon.	
	27.	21.
Hauteur de rupture (en mètres) dans l'essai des chemins de fer..	0,55	0,60
Résilience (en kgm) :		
Éprouvette du bord	0,24	0,24
Éprouvette du centre	0,24	0,24
Diamètre d'empreinte (en mm) :		
Éprouvette du bord	2,35	3,25
Éprouvette du centre	2,50	3,5

4° Le traitement thermique (trempe et revenu) dont nous avons signalé antérieurement ([1]) l'influence améliorante très nette sur le résultat des essais au mouton à chute libre permet d'obtenir les valeurs maxima de résilience observées, mais sans dépasser le chiffre de $0^{kgm},39$. Un seul essai de fonte trempée et revenue a accusé une résilience de $0^{kgm},54$.

A titre d'exemple, nous donnons les résultats obtenus sur les barreaux 17 et 20, 22 et 23, coulés ensemble deux à deux et essayés tels quels pour les nos 17 et 22, après trempe à l'huile et revenu pour les nos 20 et 23.

	Numéro de l'échantillon.			
	17.	20 (traité).	22.	23 (traité).
Hauteur de rupture (en mètres) dans l'essai des chemins de fer	0,65	0,80	0,70	1,05
Travail total correspondant (en kgm)....	42,0	69,0	56,0	126,0
Résilience (en kgm) :				
Éprouvette du bord	0,24	0,39	0,24	0,39
Éprouvette du centre	0,24	0,39	0,24	0,39
Diamètre d'empreinte (en mm) :				
Éprouvette du bord	2,45	2,62	2,45	2,25
Éprouvette du centre	2,6	2,62	2,57	2,45

La conclusion des expériences ci-dessus nous semble devoir être la suivante :

Si l'on attribue à l'essai de choc par mouton à chute libre une valeur réelle, c'est-à-dire si l'on estime que les fontes donnant à cet essai les hauteurs de rupture extrêmes pratiquement observées ($0^{m},35$ et $1^{m},15$) correspondent à des qualités d'emploi nettement différentes, nous ne croyons pas

([1]) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 748.

que l'essai de résilience soit susceptible, au moins sous la forme où nous l'avons employé, de donner un classement semblable. En effet, tandis que les aciers présentent une gamme de résilience qui s'étage de $0^{kgm},5$ à 25^{kgm} environ (sur éprouvette U. F.) et se différencient par suite très nettement entre eux, les fontes ne nous ont pas permis d'observer entre elles des écarts atteignant même $0^{kgm},5$.

Nous ne croyons pas non plus qu'il y ait lieu de chercher à augmenter la sensibilité du mouton-pendule pour l'essai des fontes, car on peut prévoir que l'hétérogénéité du métal masquerait les différences observées.

AÉRONAUTIQUE. — *Le vol à voile des oiseaux* (*vols sans moteur dans les vents ondulants*). Note (¹) de M. **Albert Bazin**, présentée par M. Charles Richet.

Un grand nombre de phénomènes aériens demeurent mécaniquement inexplicables si l'on considère le vent comme un courant d'air horizontal de vitesse uniforme et rectiligne tel qu'il est produit par les ventilateurs de nos laboratoires.

Tels sont : le flottement d'un drapeau, les vagues de la mer, certaines manœuvres aériennes des oiseaux voiliers.

En 1889, j'avais présenté une Note sur la théorie mécanique du vol à voile, basée sur les mouvements internes de l'air dans le vent que j'appelais force latente du vent.

Cette théorie, reprise et développée plus tard par Langley, et qui prit (indûment) le nom de « Théorie de Langley », fut l'objet d'une Note postérieure dans laquelle de nouveau je donnais à l'appui de ma théorie des expériences mécaniques. Cependant cette même Note réservait certains phénomènes de vols à voile comme échappant encore à toute explication mécanique.

C'est cette lacune que nous nous sommes proposé de combler par l'étude plus approfondie des mouvements ondulatoires et vibratoires de l'air dans les vents.

L'hypothèse des ondes aériennes explique directement la plupart des phénomènes ci-dessus sans aucunement infirmer ma théorie générale. Nous l'admettrons à titre de *postulatum*, quitte à la vérifier par les expériences

(¹) Séance du 7 mai 1923.

directes qui consistent à saisir et analyser chronophotographiquement les mouvements de corps légers flottant librement à 20^{m}, à 30^{m} du sol dans des vents horizontaux.

Si l'on analyse les effets mécaniques d'un courant d'air ondulant sur l'aile étendue immobile de l'oiseau, on voit que chaque onde aérienne lui fournit des composantes propulsives qui entretiennent automatiquement sa vitesse relative, sans aucune dépense de travail mécanique de sa part.

Si maintenant on applique ce même examen à chacune des grandes rémiges considérées individuellement, on constate les mêmes effets de propulsion passive. L'échancrure spéciale aux rémiges des voiliers serait une anomalie inexplicable si elle ne répondait à une fonction bien déterminée qui est précisément la propulsion.

Nous pouvons considérer dès lors l'aile des oiseaux en général, comme l'assemblage de deux appareils bien distincts :

1° L'aéroplane porteur et aussi propulseur dans les ondes aériennes les plus longues.

2° Le fouet ou *propulseur* constitué par le faisceau des régimes primaires; l'un et l'autre contribuant à la propulsion passive par un mécanisme identique.

Chez les vautours, les extrémités des rémiges se relèvent sous la poussée de l'air de manière à capter et transformer en propulsion les composantes horizontales des petites ondes aériennes. De là ces vibrations sonores observées par Mouillard.

Le mécanisme de propulsion (comparable à la godille flexible et passive) est le même pour l'aile active de l'oiseau rameur en air calme en vertu du principe de réversibilité de Marey, à cela près que celle-ci en *réagissant* contre les poussées alternatives de chaque onde par un effort ou coup d'aile en sens contraire peut augmenter sa vitesse relative V^2 [théoriquement jusqu'à $(2\,V)^2$] et quadrupler ainsi la puissance de son vol en employant gratuitement l'énergie fournie par le mouvement ondulatoire du vent. C'est le « vol mixte » employé plus ou moins par tous les oiseaux dans les vents de vitesse moyenne. Ce qui précède expliquerait les faits d'observation cités ci-dessus. Les expériences aérométriques proposées fourniront les données précises sur les principales caractéristiques que devra réaliser le prototype d'avion voilier rationnel à rémiges propulsives.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Démonstration de la loi de Stefan.* Note de M. **Auric.**

Considérons un noyau atomique central de masse M autour duquel circulent n électrons de masse m décrivant des ellipses soumises à la loi d'attraction newtonienne

$$f = \mu \frac{Mm}{r^2}.$$

Appelons $2a$ le grand axe de ces ellipses; on sait que la demi-force vive moyenne $U = \left(\frac{1}{2} m v^2\right)_{moy}$ de l'électron pendant sa révolution est égale à $\frac{\mu M m}{2a}$.

Or, d'après la théorie cinétique, si T est la température absolue et $\alpha = 4,86.10^{-15}$ le facteur de Lummer et Pringsheim, on aura

$$T = \alpha U,$$

d'où

$$\frac{T}{\alpha} = \frac{\mu m M}{2a} \quad \text{et} \quad 2a = \frac{\mu M m \alpha}{T},$$

d'où il résulte que, s'il y a équilibre thermique, les grands axes des orbites auront à peu près la même valeur.

Le volume maximum occupé par le noyau et les électrons sera une sphère de rayon $2a$, car les orbites pourront avoir toutes les directions dans l'espace, soit

$$\frac{4\pi}{3} \left(\frac{\mu M m \alpha}{T}\right)^3.$$

On peut admettre que le nombre de noyaux contenus dans l'unité de volume sera proportionnel à l'inverse du volume précédent, soit

$$\frac{3}{4\pi} \left(\frac{T}{\mu M m \alpha}\right)^3.$$

Chaque noyau possédant une énergie externe ou de rayonnement égale en moyenne à nT, la densité totale d'énergie de rayonnement sera proportionnelle à

$$\frac{3n}{4\pi(\mu M m \alpha)^3} T^4 = \sigma T^4;$$

c'est la loi bien connue de Stefan.

PHYSIQUE. — *La boucle de J. Thomson et la nouvelle équation d'état des gaz.* Note de M. **A. Leduc**, présentée par M. Daniel Berthelot.

1. A titre d'application de la nouvelle équation d'état que j'ai eu l'honneur de soumettre à l'Académie ([1]), j'ai recherché comment la *boucle* qu'elle décrit entre les extrémités de la droite de liquéfaction satisfait à la condition classique. Le calcul a été fait sur l'isotherme de l'acide carbonique à 20° d'après Amagat ([2]).

On sait que le cycle isotherme représenté par la boucle et la droite de liquéfaction doit avoir une aire nulle, ce qui revient à dire que si v_1 et v_2 désignent les volumes spécifiques du fluide aux extrémités de ladite droite et F la pression de saturation, on doit avoir

$$F(v_2 - v_1) = \int_{v_1}^{v_2} p\, dv,$$

p désignant l'ordonnée d'un point de la boucle.

On trouve aisément que, d'après l'équation (9) de ma Note précédente, on a

$$\int_{v_1}^{v_2} p\, dv = \frac{RT}{M}\left\{\log\frac{v_2 - a}{v_1 - a} - a(v_2 - v_1)\left[\frac{3,160(4\chi - 1)}{(v_1 + a)(v_2 + a)} - \frac{1}{(v_1 - a)(v_2 - a)}\right]\right\}.$$

D'après Amagat, on a pour CO^2 à 20° $F. = 56^{atm},3$, et en tenant compte de ce que son unité de volume vaut, d'après mes expériences, $505^{cm^3},8$,

$$v_1 = 1^{cm^3},303$$

et

$$v_2 = 5^{cm^3},265.$$

On en déduit que

$$F(v_2 - v_1) = 2,260.10^8 \text{ C. G. S.}$$

et

$$\int_{v_1}^{v_2} p\, dv = 2,245.10^8 \text{ C. G. S.},$$

c'est-à-dire un nombre inférieur au premier de $\frac{1}{150}$, les données numériques étant supposées exactes.

([1]) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1133.

([2]) *Recueil des Constantes de la Société française de Physique*, Tableau 55_b. — Les valeurs de P et de PV sont données avec trois chiffres significatifs seulement.

Or, indépendamment de v_1 et v_2, dont la détermination est très délicate, il faut tenir compte de ce que a est calculé au moyen de T_c et p_c. Les deux travaux calculés ci-dessus deviendraient identiques si l'on prenait $p_c = 72^{atm},7$ au lieu de $72^{atm},9$ et $F = 56^{atm},2$ au lieu de $56^{atm},3$, ce qui signifie que la petite différence de $\frac{1}{150}$ est imputable aux erreurs d'expérience.

2. Il est intéressant de comparer le résultat ci-dessus à celui que fournit la formule de Clausius :

$$p = \frac{rT}{v - a} - \frac{b}{T(v + c)^2}.$$

J'ai utilisé les valeurs des constantes calculées par Sarrau [1] en tenant compte de ce que son unité de volume vaut $509^{cm^3},3$.

On trouve ainsi que $\int_{v_1}^{v_2} p\,dv$ le long de la boucle vaut $2{,}293.10^8$ C. G. S.

La différence avec $F(v_2 - v_1)$ est donc ici de $\frac{1}{69}$, c'est-à-dire un peu plus que double de la précédente, et d'ailleurs en sens contraire.

L'écart est encore plus grand avec la formule de Van der Waals.

3. Cette formule (9) est fondée en partie sur la *considération d'états correspondants*, mais sous une forme spéciale.

On sait en effet que le principe de Van der Waals, sous sa forme originale [2], est loin d'être rigoureux. Tout au plus peut-on l'utiliser au sein du *groupe quasi normal*, dans lequel $\mathfrak{K}$ vaut en moyenne $\frac{11}{3}$, mais varie de 3,43 à 3,81.

Mais la variante que j'utilise depuis 30 ans est beaucoup plus exacte. A part quelques dissidences, « les volumes moléculaires relatifs φ (par rapport au gaz parfait) sont égaux à des températures et pressions correspondantes ».

C'est bien ce qu'exprime, sous une nouvelle forme, mon équation (10), dans laquelle ne figurent que $\frac{A}{V}$ et $\chi = \frac{1}{\mathfrak{G}}$. On a en effet

$$a = 0{,}0463 \frac{R}{M} \frac{T_c}{p_c} \qquad \text{et} \qquad v = \frac{R}{M} \frac{T}{p} \varphi(\mathfrak{G}, \mathfrak{P}),$$

---

[1] *Recueil de constantes*, tableau 83_a.

[2] « A des températures et pressions correspondantes les volumes réduits des divers gaz sont égaux. »

d'où

$$\frac{a}{v} = \frac{A}{V} = 0,0463 \frac{\mathfrak{P}}{\mathfrak{G}\varphi(\mathfrak{G}, \mathfrak{P})}.$$

Je me propose de donner ailleurs de plus amples développements et d'autres confrontations.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Propagation d'ondes électromagnétiques entretenues le long d'une ligne en fer.* Note de M. **E. Brylinski**, présentée par M. Brillouin.

M. G. Laville a présenté récemment [1] à ce sujet à l'Académie une Communication fort intéressante, à propos de laquelle il semble pouvoir être formulé deux remarques.

I. La théorie élémentaire de la propagation du courant sur une ligne permet d'expliquer simplement les résultats obtenus par M. Laville, sans qu'il soit nécessaire de faire appel à la théorie compliquée de G. Mie.

On voit en effet aisément que l'on a

$$\frac{4\pi^2}{\lambda^2} - \frac{4\pi^2}{\lambda_0^2} = \gamma^2 + \omega^2 C(L - L_0)$$

en conservant les notations de M. Laville.

Or la self-inductance externe est la même pour la ligne réelle et pour la ligne fictive λ_0 de résistance négligeable, et, quand la fréquence est assez grande (ce qui est le cas des essais de M. Laville), la réactance intérieure devient égale à la résistance, de sorte que

$$\frac{4\pi^2}{\lambda^2} - \frac{4\pi^2}{\lambda_0^2} = \gamma^2 + \frac{4\pi\gamma}{\lambda},$$

formule identique à celle de M. Laville dès que l'on néglige le très petit terme γ^2.

Ce terme, d'ailleurs, qui est franchement négligeable pour la ligne en cuivre, doit être conservé pour la ligne en fer si l'on veut tirer des essais très soignés de M. Laville les conclusions qui en peuvent découler.

II. Nous estimons que les essais de M. Laville révèlent l'existence d'une hystérésis notable.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 176, n° 15, 1923, p. 986 à 989.

Nous avons eu l'occasion [1], il y a une dizaine d'années, d'étudier en première approximation l'effet de l'hystérésis dans un cas qui présente quelques analogies avec celui de M. Laville.

La résistance et la réactance interne, au lieu de tendre toutes deux vers la limite commune $\frac{2}{d}\sqrt{N\mu\rho}$, tendent respectivement vers les limites

$$\lim R = \frac{2}{d}\sqrt{2N\mu\rho}\sin\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\varphi}{2}\right),$$

$$\lim \omega L = \frac{2}{d}\sqrt{2N\mu\rho}\cos\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\varphi}{2}\right),$$

de sorte que l'on aura

$$\frac{4\pi\gamma}{\lambda}\cot\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\varphi}{2}\right)=\frac{4\pi^2}{\lambda^2}-\frac{4\pi^2}{\lambda_0^2}-\gamma^2,$$

φ étant l'angle de retard de l'induction sur le champ magnétique.

Si l'on introduit dans cette formule les résultats numériques de M. Laville, on trouve :

	φ.
Premier essai	0,05
Deuxième essai	0,03
Troisième essai	0,096

résultats qui tendent à indiquer l'existence bien nette d'hystérésis.

Les valeurs de la perméabilité magnétique ne sont que peu modifiées de ce fait.

PHYSIQUE. — *Recherches sur la phosphorescence cathodique du rubis.* Note de M. J. **Rossignol**, présentée par M. G. Urbain.

Le but de ce travail a été de rechercher l'influence de la vitesse des électrons cathodiques excitateurs sur la loi de décroissance de la phosphorescence du rubis.

Les mesures photométriques ont été effectuées en utilisant un système de deux nicols à orientation relative variable avec une source fixe constituée par une lampe à incandescence parcourue par un courant continu constant. Sur le trajet de la lumière étaient disposés un verre rouge ordinaire qui

[1] *Bulletin de la Société internationale des Électriciens*, 3e série, t. 2, n° 3, mars 1912.

donnait une teinte tout à fait comparable à celle du rubis phosphorescent, et un prisme à réflexion totale qui rendait contiguës les deux plages lumineuses à comparer. Le potentiel aux bornes du tube cathodique était mesuré par l'étincelle équivalente qui se produisait entre les boules d'un éclateur en dérivation sur le tube, et préalablement étalonné au moyen d'un électromètre Villard et Abraham; le courant de décharge provenait d'une grosse bobine de Ruhmkorff alimentée par une batterie de neuf accumulateurs en série.

J'ai pu disposer de six rubis synthétiques répondant aux compositions respectives suivantes : 0,1 de Cr^2O^3 pour 100 de Al^2O^3, — 0,5 pour 100, — 1 pour 100, — 2,5 pour 100, — 5 pour 100, — 10 pour 100. Ces rubis, réduits en grains, étaient étalés sur des plaquettes de verre qu'on introduisait, au moyen d'un rodage latéral, dans le tube cathodique; l'épaisseur des couches formées par ces grains était de 5^{mm} environ.

Le rubis ne semble pas subir de « fatigue », et son intensité lumineuse initiale paraît indépendante de la durée de l'excitation; d'où la méthode suivie : on fait passer le courant de décharge pendant deux ou trois secondes seulement afin d'éviter une élévation exagérée de la température, en s'arrangeant de façon que cette décharge passe indifféremment par l'éclateur ou par le tube, puis on compte à l'aide d'un chronomètre le temps écoulé (de l'ordre de la minute) entre la fin de l'excitation et l'instant de l'égalité des intensités lumineuses du rubis et de la plage photométrique de comparaison pour un angle connu des nicols. Toutes ces mesures sont comparables entre elles et permettent la détermination point par point de la courbe de décroissance, chaque point pouvant être fixé en prenant la moyenne de plusieurs mesures. La précision obtenue atteint $\frac{1}{30}$.

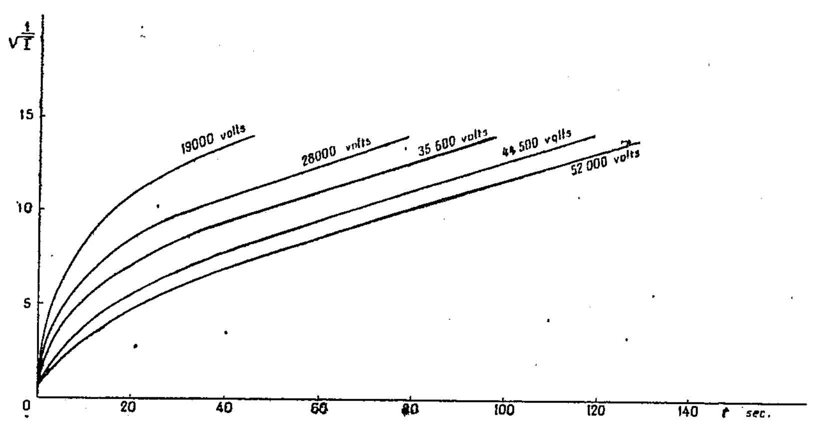
Les observations ont porté sur tous les rubis, sauf celui à 10 pour 100 de Cr^2O^3 pour lequel la décroissance était trop rapide pour être mesurée. Pour le rubis à 5 pour 100 de Cr^2O^3, les mesures n'ont pu être faites que pour les potentiels de 35 et 52 kilovolts. Pour les autres, les potentiels ont été de 10, 19, 28, 35,5, 40,5, 44,5, 52 kilovolts.

Les principaux résultats observés apparaissent clairement sur les courbes construites en portant $\frac{1}{\sqrt{I}}$ en ordonnée, I étant à un facteur près l'intensité lumineuse, et t en abscisse.

1° Pour un même rubis, l'intensité lumineuse initiale déterminée par extrapolation des courbes paraît indépendante du voltage V d'émission des rayons cathodiques; signalons cependant que le produit iV (i intensité

du courant de décharge pour le potentiel V) variant assez lentement avec V, l'intensité lumineuse initiale dépend peut-être de ce produit.

2° Les courbes relatives à un même rubis, issues sensiblement d'un même point de l'axe des ordonnées, présentent une portion initiale concave vers l'axe t, avec une courbure d'autant plus accentuée que le voltage est plus faible. Cette courbure paraît attribuable à l'élévation de la température du rubis sous l'effet du bombardement cathodique.



Courbes relatives au rubis à 0,1 pour 100 de Cr^2O^3.

3° Les courbes admettent pour asymptotes des droites parallèles entre elles pour un même rubis, ayant une équation de la forme $\frac{1}{\sqrt{I}} = a + bt$; la la loi de H. Becquerel n'est donc vérifiée qu'asymptotiquement.

4° Pour les différentes asymptotes relatives à un même rubis, le produit aV est grossièrement constant (à 10 pour 100 près environ).

5° Pour les courbes relatives à un même potentiel et à différents rubis, il existe, au voisinage de la concentration 0,5 pour 100 en Cr^2O^3, un optimum au point de vue de la durée de phosphorescence : le coefficient b de l'asymptote correspondante est minimum pour cette concentration.

Ces résultats sont difficiles à interpréter théoriquement, ce qui paraît dû au fait que, dans le spectre du rubis, les deux raies rouges fondamentales R_1 et R_2 sont, comme je l'ai d'ailleurs vérifié directement, des raies de résonance, et que les couches superficielles doivent absorber en partie le rayonnement émis par les couches les plus profondes atteintes par les électrons cathodiques.

RADIOACTIVITÉ. — *Dispositif pour la mesure des fortes ionisations dues aux rayons α.* Note de Mlle **Irène Curie**, présentée par M. Urbain.

Quand on veut mesurer le courant dû à l'ionisation totale produite par une source de rayons α, la différence de potentiel nécessaire pour obtenir le courant de saturation augmente avec l'intensité de la source et devient très difficile à réaliser pratiquement si le courant dépasse quelques centaines d'U. E. S. Le dispositif que je décris permet d'éviter cette difficulté et de mesurer de fortes lames de polonium avec les appareils électrométriques ordinaires destinés aux courants de quelques U. E. S. au plus.

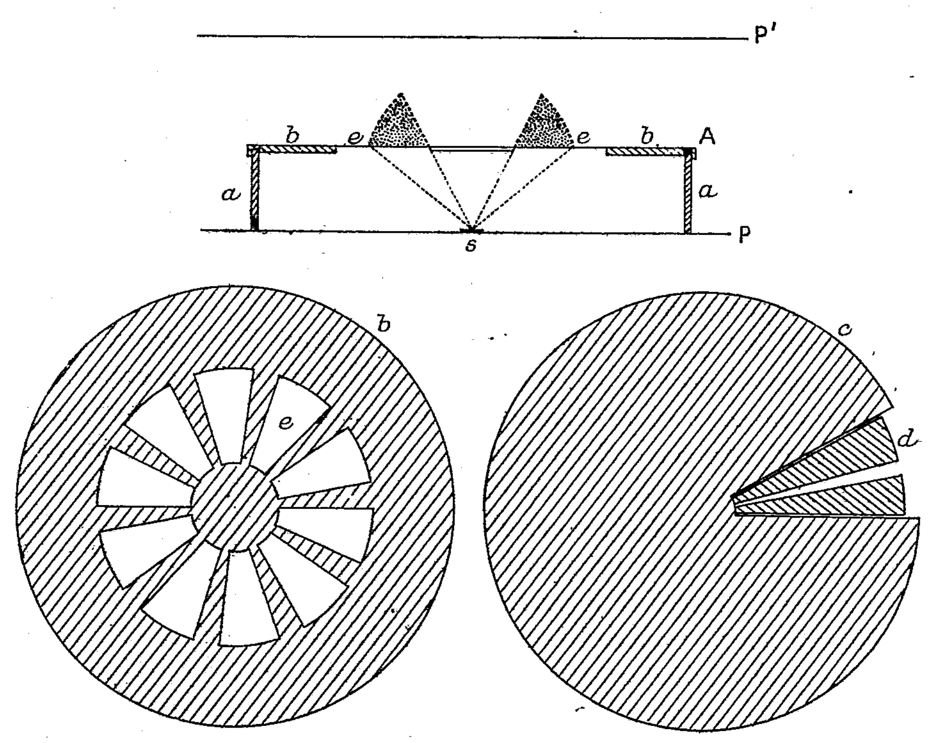
Le principe de la méthode consiste à n'utiliser pour la production du courant d'ionisation qu'une petite portion du parcours des rayons α. La lame de polonium S est placée sur le plateau d'une chambre d'ionisation; on la recouvre d'une boîte A qui se compose d'un cylindre, *a*, recouvert d'un disque, *b*; celui-ci porte dix ouvertures égales limitées par deux arcs de cercle et deux rayons, soit des portions de secteur; les bords des ouvertures sont en biseau. Une feuille d'aluminium mince absorbant environ 1^{cm} du parcours des rayons α est collée sur le disque *b* et couvre toutes les ouvertures.

Une différence de potentiel étant établie entre les plateaux de la chambre d'ionisation, il existe un champ électrique entre le couvercle *b* et le plateau P'. On utilise ainsi pour la production du courant l'ionisation déterminée par l'extrémité des rayons obliques qui ont traversé l'écran d'aluminium *e* (cette région ionisée est indiquée en pointillé sur la figure).

Supposons tout d'abord que la surface couverte de polonium soit de très petites dimensions et placée exactement au milieu du cylindre *a*. Le courant de saturation est une fraction $\frac{1}{R}$ de celui qui correspond à l'ionisation totale produite par la source. Cette fraction est une constante de l'appareil, que l'on peut déterminer expérimentalement. Le courant d'ionisation totale produit par une source s'obtiendra en multipliant par R celui que l'on mesure quand la source est recouverte de la boîte A (R est égal à 25 environ).

Si le courant est encore trop intense, on couvre tous les secteurs, sauf un, au moyen d'un disque supplémentaire *c* qui porte une seule ouverture un peu plus grande que l'un des secteurs. Le rapport de réduction de l'appareil est alors 10R. On peut encore augmenter ce rapport en bouchant

l'ouverture du disque *c* au moyen d'une pièce métallique *d* qui ne laisse passer les rayons que par une fente en forme de secteur d'angle très petit (les bords de la fente sont en biseau). On détermine par des mesures géométriques, ou expérimentalement, le rapport $\frac{1}{r}$ des courants qu'on obtient avec ou sans la pièce *d*.



P, P', plateaux de la chambre d'ionisation; *a*, cylindre de laiton, diamètre 8^{cm}, hauteur $1^{cm},5$; *b*, couvercle de laiton, 10 ouvertures en formes de secteurs d'angle 25°, limités par des cercles de diamètres $1^{cm},5$ et 5^{cm} respectivement; *e*, écran d'aluminium mince (épaisseur $6/1000^{mm}$); *c*, disque de laiton portant une ouverture en forme de secteur d'angle 30°; *d*, pièce de laiton portant une fente en forme de secteur d'angle 4° environ.

Le rapport de réduction de l'appareil est égal à R, 10R, ou 10R*r* selon qu'on emploie ou non les pièces *c* et *d*. Le rapport 10R*r* est d'environ 1500 avec l'appareil que j'ai utilisé; il est donc possible de s'en servir pour mesurer des sources qui produisent un courant de plusieurs milliers d'unités électrostatiques dans une chambre d'ionisation. La saturation s'obtient facilement (avec 1000 volts par exemple), même pour les courants les plus intenses que l'on puisse mesurer avec cet appareil.

Si la source S ne peut pas être considérée comme ponctuelle, ce qui est

presque toujours le cas, il faut placer la boîte A de manière à faire coïncider l'axe du cylindre avec le centre de la source et faire une correction au courant mesuré. La correction est établie expérimentalement pour des formes et des dimensions de sources déterminées : elle est souvent importante (pour une source circulaire où le polonium est distribué uniformément, on doit retrancher 3 pour 100 environ si la source a 5^{mm} de diamètre, 8 pour 100 si la source a 10^{mm} de diamètre).

L'appareil ne peut servir que si les rayons α ne subissent pas d'absorption à leur sortie de la source, car une très faible différence sur la longueur des rayons change beaucoup l'ionisation après l'écran *e*. En modifiant la hauteur du cylindre *a* et l'épaisseur de la feuille d'aluminium, on pourrait adapter le même dispositif à la mesure d'autres rayonnements α, à condition que les corps qui les émettent se présentent en couche infiniment mince (les dépôts actifs sont dans ce cas).

L'appareil est particulièrement commode pour faire rapidement des mesures approchées : on mesure la source recouverte de la boîte A, avec ou sans les pièces *c* et *d*, suivant l'intensité, puis on multiplie le courant obtenu par R, 10R ou 10R*r* pour avoir le courant de saturation correspondant à l'ionisation totale. La valeur ainsi trouvée suffit dans bien des cas (dosages approximatifs au cours d'un traitement chimique; préparation de fortes lames pour divers usages de laboratoire).

Pour tirer du dispositif le maximum de précision, environ 1 pour 100, il faut déterminer de nouveau le rapport R chaque fois qu'on en fait usage, car ce rapport subit de petites variations avec la densité de l'air dans la chambre (on conserve une petite source de polonium, d'intensité mesurable directement, qui sert pour cette détermination). Si la mesure se fait avec un secteur, il faut mesurer successivement les 10 secteurs et prendre la moyenne; de même la fente *d* sera placée successivement sur chacun des secteurs, d'où une valeur moyenne. Il faut ensuite évaluer la correction de surface, ce qui ne peut se faire avec exactitude que si la source n'est pas trop grande. Une condition essentielle de la précision est de choisir pour l'appareil une feuille d'aluminium d'épaisseur très uniforme.

PHOTOCHIMIE. — *Action de la lumière sur les émétiques*. Note de M. **Volmar**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Dans une précédente Note [1], nous avons montré que les solutions d'acide tartrique et de tartrates, exposées à la lumière ultraviolette, sont rapidement décomposées avec dégagement d'oxyde de carbone et d'hydrogène, et formation de substances présentant les réactions des hexoses. En soumettant de même à l'action des radiations de courte longueur d'onde des solutions de divers émétiques, nous avons observé une photolyse plus active que dans le cas des tartrates, accompagnée d'un dégagement d'acide carbonique, d'oxyde de carbone et d'hydrogène.

Le radical métallique ou métalloïdique uni à l'acide tartrique dans l'émétique a été mis en liberté, soit à l'état d'oxyde, soit à l'état de métal ou métalloïde. Cette photolyse, déjà sensible dans l'ultraviolet solaire, nous a paru intéressante à étudier, étant donné l'usage de plus en plus répandu de certains émétiques, en thérapeutique ou comme réactifs :

I. *Émétique d'antimoine* $CO^2H - CHOH - CHO(SbO) - CO^2K$. — 10^{cm^3} de solution à 1 pour 100 d'émétique ont été exposés une heure aux radiations émises par une lampe Westinghouse type Silica 110 volts, marchant sur le courant continu et sous un régime peu poussé (3 ampères). Le gaz recueilli ($V = 0^{cm},8$) renfermait un mélange de gaz carbonique (47 pour 100), d'oxyde de carbone (30 pour 100), d'hydrogène (32 pour 100) et de carbures (2 pour 100).

La solution, devenue peu à peu réductrice par suite de la photolyse de l'acide tartrique, s'est troublée en prenant une teinte gris noirâtre, due à la mise en liberté d'antimoine qui s'est déposé à la longue sur les parois du tube.

Exposés à la lumière dans les mêmes conditions, c'est-à-dire en milieu légèrement acide, les sels minéraux d'antimoine sont parfaitement stables, même en présence de traces d'acide tartrique, et il ne se produit pas de réduction.

La facile décomposition photochimique de l'émétique le distingue donc nettement des sels d'antimoine et est un argument de plus en faveur de la constitution qui lui a été attribuée par Jungfleisch.

II. *Émétique d'arsenic* $CO^2H - CHOH - CHO(AsO) - CO^2Na$. — Nous avons préparé ce composé, suivant les indications de Henderson et

(1) *Comptes rendus*, t. **176**, 1923, p. 742.

Ewing [1], en dissolvant une molécule d'anhydride arsénieux dans une solution bouillante de tartrate acide de sodium. Exposé en solution à 1 pour 100 aux radiations ultraviolettes, il est lentement décomposé, et la solution, devenue réductrice, s'est colorée en brun par suite de la mise en liberté d'arsenic.

III. *Émétiques de bismuth.* — Des solutions à 1 pour 100 monotartrate de potassium et de sodium (Pharmacie centrale de France)

$$CO^2K - CHOH - CHO(BiO)CO^2Na$$

(en présence d'une trace d'alcali, ce sel étant insoluble en milieu neutre) et de bismuthoditartrate de potassium et de sodium (Poulenc)

$$(C^4H^3O^6)^4Bi^2K^3Na^3$$

ont été exposées aux radiations ultraviolettes. Au bout de quelques minutes, elles ont commencé à se colorer en brun verdâtre, puis en noir par réduction du bismuthyle-BiO sous l'influence de la lumière et des produits de la photolyse de l'acide tartrique. Le bismuth, ainsi libéré, ne s'est pas déposé sur les parois du tube, mais est resté en suspension sous forme d'une émulsion colloïdale.

Cette décomposition des émétiques de bismuth avec formation d'une suspension brune de bismuth, plus rapide dans le cas de l'émétique double que dans celui de l'émétique simple, augmente avec la durée d'exposition et la fréquence du rayonnement incident. Elle se produit également, mais plus faiblement, dans l'ultraviolet initial (ultraviolet solaire). Des ampoules de bismuthotartrate exposées à la lumière diffuse d'un laboratoire se sont colorées en moins de 3 heures. C'est là une réaction photochimique des plus sensibles, dont l'addition d'un excès d'alcali augmente encore la vitesse.

IV. *Émétiques de cuivre.* — Nous avons préparé, en dissolvant une molécule d'hydrate cuivrique fraîchement précipité et lavé dans une ou plusieurs molécules de tartrate neutre de potassium, suivant les indications légèrement modifiées de Bullingheimer et Leitz [2], le cupromonotartrate de potassium

$$\begin{array}{ccc} CO^2K - CH & & -CH - CO^2K \\ & O - Cu - O & \end{array}$$

et le cuproditartrate de potassium

$$C^4H^2O^6CuK^2 + C^4H^2O^6K^4.$$

(1) *Bull. Soc. chim.*, t. 67, p. 103.
(2) *Ber.*, t. 32, p. 2350.

Des solutions à 1 pour 100 de ces composés ont été exposées aux radiations ultraviolettes; au bout d'une demi-heure, il s'est déposé sur les parois du tube un précipité rougeâtre d'oxyde cuivreux et de cuivre. Le cuproditartrate s'est montré plus sensible que le monotartrate.

Cette photolyse se produit de même, mais plus faiblement, dans l'ultraviolet solaire. Elle explique l'altération à la lumière des réactifs cupropotassiques et montre que cette décomposition doit être plus marquée dans les liqueurs cupropotassiques (type Fehling) que dans les réactifs à deux solutions (type G. Bertrand), dans lesquels l'altération est due, non à la photolyse d'un émétique de cuivre, mais à celle, moins active, du tartrate neutre contenu dans la solution alcaline.

Émétique de fer $CO^2H - CHOH - CHO(FeO) - CO^2K$. — Une solution à 1 pour 100 de ferritartrate de potassium du Codex, exposée aux radiations ultraviolettes, s'est photolysée rapidement en se décolorant; elle donne alors les réactions des sels ferreux et il se dépose peu à peu un précipité d'hydrate et de carbonate ferreux.

Tous les émétiques essayés se sont photolysés de la même manière, avec mise en liberté du radical métallique ou métalloïdique, libre ou réduit à l'état de métal ou de métalloïde. Leur grande sensibilité vis-à-vis des radiations lumineuses, maxima pour les émétiques de bismuth, semble être une propriété générale de cette classe de composés, il y a lieu d'en tenir compte dans la préparation et la conservation de leurs solutions. Les sels organiques ou minéraux de ces mêmes éléments, au contraire, y compris les tartrates, sont très stables vis-à-vis des radiations même très réfrangibles. Cette facile décomposition photochimique des émétiques exige que le métal ou le métalloïde se trouve dans leur molécule sous la forme d'un radical particulièrement photolabile (antimonyle-SbO, arsenosyle-AsO, bismuthyle-BiO, cuprosyle-Cu$\langle{}^{O}_{O}\rangle$ ferrosyle-FeO, etc.) et est en parfait accord avec la constitution attribuée à ces composés à la suite des travaux de Jungfleisch-Bougault, etc.

L'émétique de bore ou tartrate boricopotassique du Codex fait, il est vrai, exception : il n'est pas photolysé et même après plusieurs heures d'exposition aux radiations ultraviolettes, on n'y trouve pas d'acide borique libre. Mais ce composé est-il un véritable émétique et ne serait-il pas, ainsi que le signale Beilstein [1], un mélange de tartrate et de borate, et non un composé défini ?

[1] Tome 1, p. 792.

CHIMIE PHYSIQUE. — *La décomposition photochimique des corps solides.* Note de M. **Albert Noyes Jr.**, présentée par M. Daniel Berthelot.

D'après la théorie radiochimique développée par M. Jean Perrin [1], on peut calculer la fréquence des radiations produisant une réaction chimique donnée connaissant le coefficient thermique de la réaction en l'absence de lumière, par la formule

$$\frac{d\mathrm{L}nk}{d\mathrm{T}} = \frac{\mathrm{E}}{\mathrm{RT}^2}, \tag{1}$$

$$\mathrm{E} = \mathrm{N}h\nu. \tag{2}$$

En ce qui concerne les réactions dans les corps solides, notamment leur décomposition photochimique, il semble qu'une légère modification de la théorie soit nécessaire. M. D. Berthelot [2] a étudié la décomposition photochimique de l'acide oxalique et a trouvé que ce dernier est décomposé par la lumière ultraviolette de longueur d'onde inférieure à 3000 Å. Récemment, M. A.-B. Kouperman [3] a repris l'étude de cette réaction et a trouvé que la limite supérieure de la série de longueurs d'onde susceptible de décomposer l'acide oxalique anhydre est de 2200 à 2500 Å, mais que la vitesse de décomposition augmente en même temps que la fréquence de la radiation incidente.

Dans le cas de la décomposition d'un corps solide ayant une épaisseur supérieure à celle d'une molécule, la grandeur $(A - x)$ entrant dans l'expression des vitesses de réactions monomoléculaires

$$\frac{dx}{dt} = k_1(A - x) \tag{3}$$

reste sensiblement constante puisque le nombre de molécules exposées ne varie pas. La quantité de corps décomposé serait donc proportionnelle au temps. Il est évident que le nombre de molécules décomposées dans l'unité temps sera aussi proportionnel au nombre de quanta de l'énergie rayonnante (dans de certaines limites) et l'on peut écrire

$$\frac{dx}{dt} = k_2 \mathrm{I}, \tag{4}$$

---

(1) *Annales de Physique*, t. 11 1919, p. 1.
(2) *Comptes rendus*, t. 158, 1915, p. 1791.
(3) Thèse pour le grade de Master of Science (Université de Chicago, 1923).

où x représente le nombre de molécules décomposées et I l'intensité de la lumière (nombre de quanta par seconde).

De plus, le cas d'un solide est bien plus complexe que le cas d'un gaz. En plus de l'énergie nécessaire pour décomposer une molécule isolée, il faut compter l'énergie nécessaire pour écarter les molécules les unes des autres et pour éliminer de la surface les produits de la décomposition. Cette énergie peut être représentée par $E = h\nu_0$, ν_0 est une quantité à déterminer expérimentalement.

D'après la théorie radiochimique, la décomposition d'un corps n'a lieu qu'après la sensibilisation de ses molécules; cette dernière peut être considérée comme un éloignement mutuel des centres chargés (noyaux positifs ou électrons) dans la molécule. Cet éloignement est proportionnel à la racine carrée de la fréquence de la radiation avec laquelle on l'éclaire, donc

$$(5)\qquad d = k_3 \nu^{\frac{1}{2}}.$$

On sait d'autre part que l'attraction entre des particules chargées varie en raison inverse du carré de la distance $A = \frac{k_4}{d^2}$. En combinant ces deux formules on obtient

$$(6)\qquad A = \frac{k_4}{k_3^2}\nu = \frac{K}{\nu},$$

qui signifie que la probabilité de décomposition de la molécule varierait en sens inverse de l'attraction et que la vitesse de réaction serait fonction de la fréquence de la radiation employée

$$(7)\qquad \frac{dx}{dt} = f(\nu) = k_5 h\nu.$$

Or, comme nous l'avons déjà vu, il faut de l'énergie supplémentaire pour écarter les molécules les unes des autres dans un solide, énergie qu'on a représentée par $h\nu_0$; la vitesse de réaction pour une fréquence donnée devient

$$(4)\qquad \frac{dx}{dt} = k_5 \mathrm{I}(h\nu - h\nu_0),$$

équation tout à fait analogue à celle de l'émission des électrons des métaux sous l'influence de la lumière.

Dans les expériences de M. Kouperman, on note une « période d'induction » assez longue. Si la lumière peut traverser la première couche de molécules sans être absorbée et agir sur des molécules plus profondes, les

produits de décomposition de celles-ci ne pourront pas s'échapper jusqu'à ce que les molécules d'acide oxalique superficielles aient été décomposées. La vitesse de réaction (mesurée par le changement de pression) ne deviendrait constante que lorsque les deux phénomènes auront pris leur état de régime. On peut envisager également que la réaction est peut-être autocatalytique.

En appliquant la formule (8) au cas de l'acide oxalique, la vitesse de réaction doit être cinq fois plus grande à 1600 Å qu'à 2100 Å, les intensités étant égales. C' est égal (aux erreurs d'expérience près) à la valeur obtenue par M. Kouperman, mais il ne faut pas oublier que les mesures d'intensité de la lumière ne sont pas précises dans cette région du spectre.

Si plusieurs fréquences agissent en même temps, la vitesse de réaction sera donnée par la formule

$$\frac{dx}{dt} = k_5 \mathrm{I}[(h\nu_1 - h\nu_0) + (h\nu_2 - h\nu_0) + \ldots + (h\nu_n - h\nu_0)] \tag{9}$$

et il faut se rappeler que dans toutes les sources de lumière dont nous disposons que I est une fonction de la fréquence.

Dans le cas présent, il ne s'agit pas du déplacement d'une charge d'une orbite bien définie à une autre, phénomène qui se produit par une seule raie du spectre. Les molécules correspondent à toute une bande de fréquences. La fréquence, donnée par la formule de M. Perrin, ne s'appliquerait qu'à une molécule isolée; elle peut être égale ou inférieure à ν_0.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Kaolins, argiles, etc. Plasticité colloïdale.* Note de M. **A. Bigot**, présentée par M. Haller.

Dans une Note précédente [1] nous avons décrit le phénomène de pectisation partielle des matières colloïdales, à partir de la température de 350° jusqu'à 600°.

Si l'on élève la température de 600° à 1000°, l'eau de combinaison se dégage entre 600° et 700° et la pectisation devient complète.

Les argiles et les kaolins, après chauffage à 1000°, broyés en poudre impalpable et agglomérés avec de l'eau ne sont plus plastiques : ces agglo-

---

(1) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 510.

mérés, chauffés à 500° pendant 4 heures, se délayent aussitôt lorsqu'on les plonge dans l'eau après leur refroidissement.

Nous avons déterminé le rôle des colloïdes dans la gélivité des terres cuites entre 900° et 1000° en opérant sur un grand nombre de matières premières : nous nous bornerons à citer les résultats obtenus en opérant sur des terres de la région de Chauny, servant à la fabrication de briques de construction.

Ces terres renferment de l'argile ferrugineuse, des sables quartzeux fins et une petite quantité de mica. A l'analyse on trouve en moyenne 15 pour 100 d'alumine et 5 pour 100 d'oxyde de fer. Les fabricants de cette région emploient cette terre telle qu'elle se trouve dans le sol, mélangée de 14 à 16 pour 100 de son poids d'eau de carrière; on la moule directement par compression sous forme de briques et après séchage on cuit entre 900° et 1 000°.

Avec cette terre réduite en poudre nous avons exécuté trois séries d'éprouvettes :

1° La poudre, chauffée à 150°, a été comprimée dans un moule porté à la même température, à la pression de 700^{kg} par centimètre carré.

2° La poudre, mélangée avec 4 pour 100 de son poids d'eau, a été comprimée à la même pression, à la température ordinaire.

3° La poudre, additionnée de 21 pour 100 de son poids d'eau, a été réduite en pâte molle plastique que l'on a comprimée à 15^{kg} par centimètre carré.

Des éprouvettes de chacune de ces séries ont été chauffées à 900°; d'autres ont été portées à 1000°.

Après cuisson et refroidissement, toutes les éprouvettes ont été placées dans un récipient plein d'eau, sous la cloche de la machine pneumatique et soumise à l'action du vide pendant 24 heures : elles se sont saturées d'eau. Ensuite on les a toutes placées dans un récipient clos qui a été plongé pendant 4 heures dans un mélange réfrigérant à la température de — 15°; l'opération a été répétée dix fois.

Première opération. — Les éprouvettes pressées *à sec* à la température de 150° et cuites à 900° sont tombées en miettes; les autres sont intactes.

Deuxième opération. — Les éprouvettes faites dans les mêmes conditions et cuites à 1000° se sont désagrégées au cours de cette opération.

Troisième opération. — Les éprouvettes de la deuxième et de la troisième série sont restées intactes.

Quatrième opération. — Les éprouvettes contenant 4 pour 100 d'eau, pressées à 700^{kg} par centimètre carré et cuites à 900°, ont gelé.

Cinquième opération. — Les mêmes éprouvettes, chauffées à 1000°, se sont désagrégées à la cinquième opération.

Opérations suivantes. — Les éprouvettes de la troisième série, faites en pâte molle et cuites à 900° et à 1000°, n'ont pas gelé au bout de dix opérations successives.

Dans la première série la compression, la chaleur et l'absence d'eau n'ont pas permis aux colloïdes de se développer, la gélivité a été immédiate.

La présence de 4 pour 100 d'eau dans les éprouvettes de la seconde série a donné naissance à quelques colloïdes qui, en se pectisant, ont retardé la gélivité jusqu'à la quatrième et la troisième opération.

Enfin dans la troisième série, exécutée en pâte molle, tous les colloïdes de l'argile se sont développés et leur pectisation complète détermine dans les éprouvettes une cohésion assez forte pour résister à la gelée.

La porosité intervient peu; car les éprouvettes de la troisième série, faites en patte molle et pressées à 15^{kg}, sont beaucoup plus poreuses que celles de la première série, pressées à 700^{kg} par centimètre carré.

Les colloïdes jouent également un rôle important dans la cuisson des matériaux céramiques qui doivent être grésés au feu (le grésage est un commencement de vitrification), tels que les grès cérames destinés aux carrelages à la mosaïque, etc. Ces matériaux étaient autrefois moulés en pâte molle; ce procédé tend à disparaître et est remplacé par le moulage à haute pression des matières premières réduites en poudre fine que l'on humecte d'une certaine quantité d'eau variant de 4 à 9 pour 100.

1. Une pâte à carreaux, composée de deux tiers d'argile très plastique du Westerwald et un tiers d'une pegmatite broyée en poudre impalpable, a été réduite en poudre fine et sèche, qui a été comprimée à 600^{kg} par centimètre carré.

2. Une autre éprouvette a été préparée de la même façon après addition de 4 pour 100 de son poids d'eau.

3. Une troisième éprouvette, préparée avec la même matière en poudre mélangée de 8 pour 100 de son poids d'eau, a été également pressée à 600^{kg} par centimètre carré.

Ces trois éprouvettes ont été portées ensemble à la température de 1200°; ensuite nous avons déterminé la quantité d'eau qu'elles absorbent par porosité.

Le n° 1 absorbe 2,1 pour 100 de son poids d'eau, le n° 2 absorbe 1,6 pour 100 et le n° 3 absorbe 1 pour 100. (Le degré de grésage se mesure ordinairement par la quantité d'eau absorbée.) Le n° 3 a été fabriqué avec le mélange qui renferme la plus grande quantité d'eau, soit 8 pour 100, c'est lui qui contient le plus de colloïdes mis en liberté par l'eau.

Pour que le n° 2 atteigne ce degré de grésage il faut le porter aux environs de 1230°. Le n° 1 doit être chauffé à 1260° pour qu'il soit comparable au n° 3.

Il ressort clairement de ces expériences que la présence des colloïdes dans la pâte à carreaux de grès cérame facilite le grésage et abaisse la tempéra-rature de cuisson.

Au cours de ces recherches, nous avons recueilli des observations intéressant la question des colloïdes. M. Boutherin, fabricant de porcelaine électrotechnique à Erome (Drôme), emploie dans cette fabrication les quatre principaux procédés de moulage :

Moulage par forte compression du mélange réduit en poudre humectée de moins de 10 pour 100 de son poids d'eau.

Moulage en pâte semi-ferme contenant de 15 à 17 pour 100 de son poids d'eau.

Moulage en pâte molle renfermant environ 25 pour 100 de son poids d'eau.

Moulage par coulage de la matière à l'état de barbotine.

Les pièces ainsi préparées sont cuites après séchage à leur température de vitrification.

M. Boutherin a observé que les pièces fabriquées par coulage ou en pâte molle sont plus résistantes aux courants de haute tension que celles qui sont fabriquées en pâte ferme et que ces dernières sont plus résistantes que celles qui sont fabriquées par compression avec la poudre humectée. Il est hors de doute que les colloïdes des pâtes molles ou des pâtes liquides viennent augmenter, même après vitrification au four, la cohésion de ces matières et leur résistance mécanique aux courants à haute tension.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le molybdate de thorium* $Th(MoO^4)^2$. Note de M. F. Zambonini.

J'ai montré, il y a quelques années, que le cérium, le lanthane, le praséodyme, le néodyme et l'yttrium peuvent se substituer isomorphiquement au calcium, au strontium, au baryum et au plomb dans plusieurs composés très simples. Je me propose d'établir maintenant les relations d'isomorphisme qui existent entre le thorium et les métaux des terres rares d'un côté, entre le thorium et les métaux alcalino-terreux de l'autre côté.

Wyrouboff a trouvé qu'il est possible d'obtenir des cristaux mixtes de silicotungstate de Ca et de Th $[(Th, Ca^2)(W^{12}SiO^{40}).27H^2O]$, ainsi que de Th et de Ce $[(Ce^4, Th^3)(W^{12}SiO^{40})^3.81H^2O]$, mais il s'agit de composés très compliqués, dont la structure cristalline est déterminée surtout par l'anion et l'eau.

Dans cette Note, je me propose de faire connaître les propriétés du molybdate de thorium $Th(MoO^4)^2$, ainsi que ses relations d'isomorphisme avec le molybdate céreux, ce qui présente quelque intérêt pour le problème de la coexistence du celtium (hafnium) et des terres rares.

J'ai préparé le molybdate de thorium, $Th(MoO^4)^2$, en fondant le chlorure de thorium partiellement déshydraté avec un excès de molybdate de sodium anhydre. Par lessivation du produit de la fusion, j'ai obtenu une poudre blanche, cristalline, composée de très petits cristaux formés par des bipyramides du système tétragonal.

La composition chimique est bien celle demandée par la formule $Th(MoO^4)^2$: ThO^2 trouvé 48,0 et 48,4 pour 100 dans deux préparations; calculé 47,8 pour 100. Poids spécifique 4,92; le volume moléculaire égale 112,2. J'ai pu mesurer exactement les cristaux bien qu'ils soient très petits et souvent groupés.

Formes observées : $p\{001\}$, $b^{\frac{1}{2}}\{111\}$, $m\{110\}$. Souvent, il n'y a que la bipyramide $b^{\frac{1}{2}}$, mais dans plusieurs cristaux j'ai observé aussi le prisme m avec des faces étroites. Très rares sont des cristaux tabulaires suivant la base $\left(pb^{\frac{1}{2}}\right)$. Le clivage parallèle à la base est assez net.

Le molybdate de thorium est uniaxe *positif*, sans anomalies optiques.

Si l'on compare ces résultats avec ceux qui ont été obtenus pour $CaMoO^4$, $SrMoO^4$, $BaMoO^4$, $PbMoO^4$, $Ce^2(MoO^4)^3$, $La^2(MoO^4)^3$, $Nd^2(MoO^4)^3$, on voit de suite que la bipyramide du molybdate de thorium ne correspond pas à la bipyramide fondamentale de ces composés, mais bien à une bipyramide $b^1\{112\}$, qui n'est pas connue dans les cristaux obtenus par fusion, mais qui a été observée, assez rarement, dans des cristaux naturels de scheelite, de wulfénite, etc. On a en effet :

Pour $CaMoO^4$, $SrMoO^4$, $BaMoO^4$, $PbMoO^4$	$c = 1,5513$ à $1,6232$
Pour $Y^2(MoO^4)^3$, $La^2(MoO^4)^3$, $Ce^2(MoO^4)^3$, $Pr^2(MoO^4)^3$ $Nd^2(MoO^4)^3$	$c = 1,5422$ à $1,5624$
Pour $Th(MoO^4)^2$	$2c = 1,4713$

Molybdate de :	Ce···.	La.	Nd.	Pr.	Y.	Th.
$(112):(11\bar{2})$...	84°18′	84°44′,5	84°50′	84°59′	85°2′,5	87°42′

Le molybdate de thorium s'éloigne nettement des autres sels, mais les différences entre les angles homologues ne sont pas plus fortes que celles qu'on observe quelquefois entre des substances typiquement isomorphes.

Le volume moléculaire de $Th(MoO^4)^2$ est 112,2, c'est-à-dire à peu

près le double de celui des molybdates alcalino-terreux, et le $\frac{3}{2}$ de celui des molybdates des métaux des terres rares. Si l'on pense que $\frac{1}{2}$ Th est équivalent à R″ et $\frac{3}{2}$ Th à R‴ on aura :

	Volume moléculaire.		Volume moléculaire.
$CaMoO^4$	47,1	$Y^2(MoO^4)^3$	137,4
$PbMoO^4$	53,9	Nd^2	149,5
$(\frac{1}{2}Th)MoO^4$	56,1	Ce^2	151,2
		Pr^2	157,3
		La^2	158,9
		$\frac{3}{2}Th$	168,3

Les différences sont de l'ordre de grandeur observée pour les substances isomorphes typiques. Comme le molybdate de thorium présente aussi des relations cristallographiques avec les molybdates cités, il est possible que $Th(MoO^4)^2$ donne des cristaux mixtes soit avec les molybdates de Ca, etc., soit avec ceux des métaux des terres rares.

En fondant un mélange de chlorure de thorium et de cérium avec du molybdate anhydre de sodium, j'ai obtenu deux types de cristaux :

1° Cristaux du type du molybdate de thorium, d'une couleur jaune pâle, très nette. Ils contiennent 1 pour 100 environ de $Ce^2(MoO^4)^3$;

2° Cristaux du type du molybdate céreux. Ils contiennent 6 pour 100 de $Th(MoO^4)^2$.

Les molybdates de thorium et de cérium céreux possèdent donc une faible solubilité à l'état solide. Ce résultat présente quelque intérêt pour la discussion au sujet du celtium et du hafnium. MM. Coster et Hevesy pensent que l'élément 72 ne pouvait pas se trouver dans la préparation de M. Urbain, parce que cet élément est homologue du zirconium et tétravalent, tandis que les terres rares avec lesquelles il se serait trouvé sont trivalentes. MM. Urbain et Dauvillier ont répondu que la présence de l'élément 72 avec le zirconium ne permet pas de conclure qu'elle est incompatible avec celle des terres rares, et qu'il est bien connu que les minéraux des terres rares renferment des éléments de toutes sortes. Mes expériences démontrent que le thorium tétravalent et le cérium trivalent sont isomorphes bien que faiblement : il est pourtant possible d'admettre l'existence de l'élément 72, qui doit sans doute ressembler au thorium par ses propriétés, dans les terres rares.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la cuisson du plâtre et sa conservation à l'air humide.* Note de MM. **Pierre Jolibois** et **Pierre Lefebvre**, présentée par M. H. Le Chatelier.

On sait depuis très longtemps que le plâtre cuit au-dessus de 300° perd la propriété de faire prise au contact de l'eau.

Nous avons réalisé des expériences destinées à l'étude des changements que subit le sulfate de chaux anhydre suivant la température à laquelle il a été chauffé.

Tout d'abord, il nous a été facile de voir qualitativement que la faculté d'absorption du plâtre vis-à-vis de la vapeur d'iode diminue quand la température de cuisson augmente; M. Guichard a donné dans ses expériences sur l'alumine une méthode qui permet de repérer, au moyen de l'absorption de vapeur, la plus ou moins grande facilité d'absorption d'un solide.

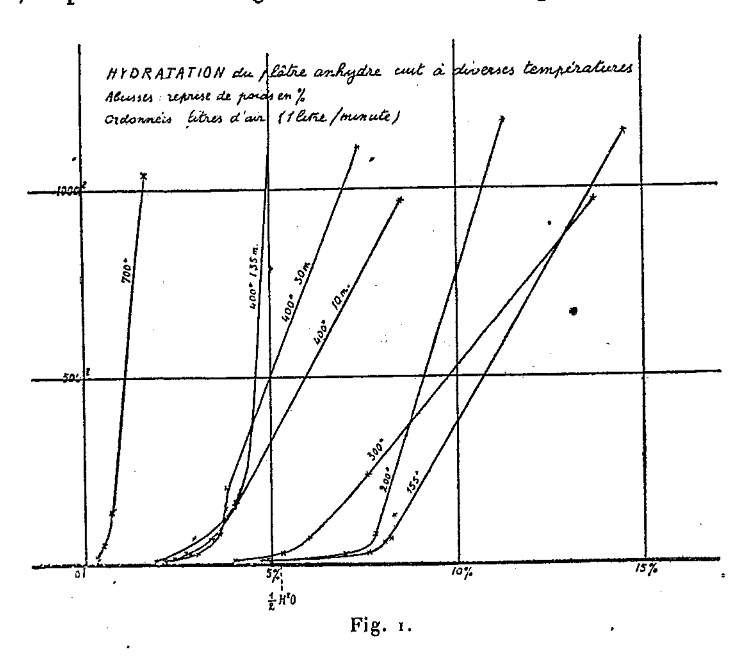


Fig. 1.

En appliquant cette technique à du sulfate de chaux, nous avons constaté que le plâtre cuit à basse température noircit rapidement au contact de la vapeur d'iode. Lorsqu'il a été chauffé à 500° sa teinte devient à peine rosée, tandis qu'à 800° il reste incolore même au bout d'un séjour d'un mois dans un exsiccateur saturé de vapeur d'iode.

Nous avons vérifié que la transformation par cuisson, d'ailleurs irréversible, se produit avec un dégagement de chaleur sensible que nous avons enregistré photographiquement au moyen du galvanomètre double de MM. Le Chatelier et Saladin. Un phénomène thermique très net commence à se produire aux environs de 365°.

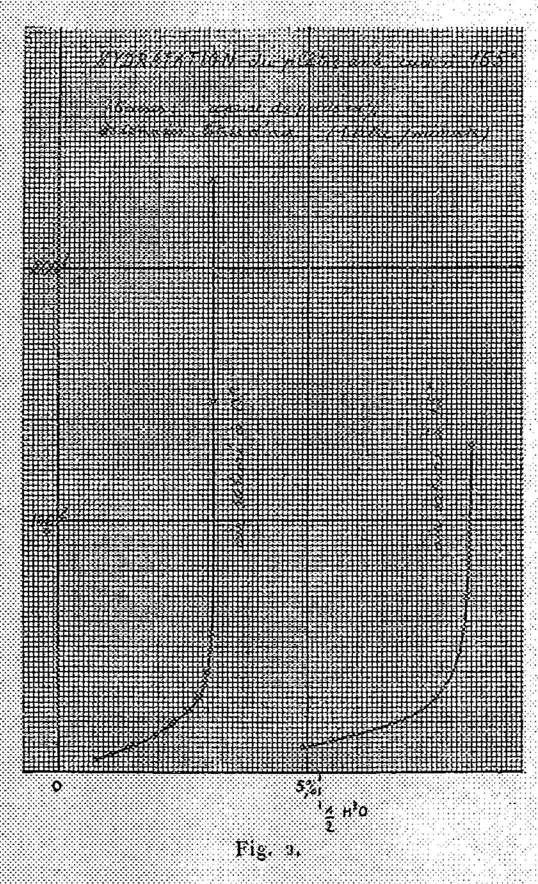


Fig. 2.

Ceci est à rapprocher des transformations que subissent la plupart des corps préparés à basse température au cours d'une élévation de température (oxyde de mercure, oxyde ferrique, alumine, silice, kaolin, etc.).

Parmi les différentes substances que le plâtre chauffé à plus ou moins haute température se montre capable d'absorber, la vapeur d'eau présente un intérêt pratique incontestable, étant donné que le plâtre est manipulé dans l'industrie dans des sacs qui permettent l'accès de l'air humide. Aussi avons-nous étudié systématiquement cette action.

Nous avons réalisé un courant d'air saturé de vapeur d'eau à 0° ou à 15°

en faisant passer le gaz sur une longue colonne de ponce imbibée d'eau maintenue à ces températures. L'air ainsi traité passait à la température de 18° sur une nacelle contenant environ $0^g,5$ de plâtre dont on examinait l'augmentation de poids.

Influence de la température de cuisson. — Le plâtre cuit à basse température entre 150° et 300° absorbe avec une grande rapidité la vapeur d'eau; dès que la teneur du demi-hydrate est dépassée d'environ 2 pour 100, la vitesse se ralentit.

Quand la température de cuisson est supérieure à 400°, il faut un temps très long pour hydrater d'une manière importante le plâtre; mais ces températures n'ont pas d'intérêt pratique à cause des propriétés du plâtre trop cuit qui le rendent inapte à faire prise.

Influence de l'état hygrométrique. — Les résultats précédemment énoncés sont relatifs à de l'air presque saturé (expériences à 15°, état hygrométrique : 0,83). Avec de l'air moins riche en vapeur d'eau (expériences à 0°, état hygrométrique : 0,3), l'absorption se produit avec une lenteur beaucoup plus grande et se limite très rapidement, même avec du plâtre cuit à basse température, à un taux qui correspond à une teneur nettement inférieure à celle du demi-hydrate.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur le dosage de la silice dans les eaux.* Note de MM. F. Diénert et F. Wandenbulcke.

En 1912 (¹), l'un de nous a montré l'intérêt que présentait la recherche de la silice dans les eaux quand on recherche leur origine.

Dans les terrains calcaires, deux eaux provenant d'un même gisement géologique, si elles n'ont pas toujours une composition calcaire tout à fait identique, possèdent cependant une teneur semblable en silice.

Dans les terrains d'alluvions, la quantité de silice dissoute dans les eaux dépend beaucoup de la nature des sables. Traités dans les mêmes conditions, les sables des alluvions de la Seine ne laissent dissoudre que 3^{mg} de silice par litre d'eau, tandis que les sables de la Loire en abandonnent jusqu'à 12^{mg} et 14^{mg}.

Le dosage de la silice en poids est long et souvent peu précis. Depuis longtemps nous avons cherché un procédé simple et rapide. L'emploi du molybdate d'ammoniac permet d'y arriver.

(¹) *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 797.

Avec le réactif molybdique ordinaire, le silicomolybdate ne se forme qu'en chauffant la solution. Au contraire, la réaction se fait à froid quand on emploie le réactif molybdique de Meillère (mélange de molybdate avec de l'acide sulfurique et de l'acide azotique). La teinte jaune ainsi obtenue est plus intense et plus rapide si l'on fait agir le réactif molybdique en présence d'acide sulfurique seul.

Voici comment on doit opérer :

On prend 50^{cm^3} d'eau ou d'une solution de silicate de sodium. On ajoute 2^{cm^3} d'une solution de molybdate d'ammoniac à 10 pour 100 et quatre gouttes d'acide sulfurique au $\frac{1}{2}$. Il se fait une teinte jaune qui fonce pendant 10 minutes puis se maintient constamment pendant environ 3 heures. Si l'on compare au colorimètre l'eau à analyser avec une solution titrée de silicate de sodium, toutes deux traitées, comme il vient d'être indiqué, par le molybdate d'ammoniac, on obtient la richesse de l'eau en silice d'une façon très satisfaisante. Pour des dosages nombreux on remplace la solution titrée de silicate de sodium par une solution contenant $36^{mg},9$ par litre d'acide picrique dont la couleur est exactement celle obtenue avec une solution contenant 50^{mg} par litre de silice. La quantité maximum de silice qu'on peut titrer avec 2^{cm^3} de la solution de molybdate correspond à 60^{mg} par litre. L'erreur de dosage ne dépasse guère 2 pour 100 (1).

Toutefois avec le réactif molybdique, on ne peut doser la silice colloïdale. Pour détruire l'état colloïdal de la silice il suffit de faire chauffer au bain-marie cette solution pendant une heure avec du bicarbonate de sodium. A 50^{cm^3} d'eau on ajoute $0^{g},200$ de bicarbonate de sodium en poudre. Une solution de bicarbonate introduirait de la silice provenant de l'attaque du flacon. On place dans une capsule de platine et on chauffe au bain-marie bouillant. Après une heure de chauffe on verse dans la capsule $2^{cm^3},4$ d'acide sulfurique normal qui neutralisent le bicarbonate de sodium introduit et redissolvent toute la silice. On laisse refroidir, on complète à 50^{cm^3} et on ajoute 2^{cm^3} de molybdate d'ammoniac et 4 gouttes d'acide sulfurique au $\frac{1}{2}$. Par dosage colorimétrique on dose ainsi toute la silice contenue dans la solution. Si sur 50 autres centimètres cubes on a dosé la silice non colloïdale, on obtient, par différence, la silice colloïdale.

Ce procédé colorimétrique permet donc non seulement le dosage rapide de la silice totale, mais encore fait la séparation de la silice colloïdale et de la silice non colloïdale.

---

(1) Avec les eaux sulfureuses il faut, au préalable, oxyder les sulfures; avec les eaux ferrugineuses on peut tolérer une dose de Fe^2O^3 de 20^{mg} par litre. La présence des phosphates dans l'eau seule trouble cette réaction. Heureusement que les eaux minérales contenant des phosphates sont plutôt rares.

Par cette méthode nous avons pu constater que, dans les eaux ordinaires, la silice se trouvait à l'état non colloïdal ([1]).

Les eaux filtrées sur sable perdent des quantités variables de silice, absorbée par les diatomées de la surface. La méthode colorimétrique permet de suivre très facilement cette diminution.

Rapidement, nous avons pu mettre en évidence l'attaque des différents vases en verre par l'eau additionnée de bicarbonate de sodium.

Enfin nous avons pu suivre très facilement la rétrogradation de solutions étendues de silice colloïdale en silice non colloïdale en présence de différents sels. Dans l'eau distillée, cette transformation dure plus de 8 jours quand on opère dans un récipient en verre.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'éthésérolène.*
Note de MM. **Max** et **Michel Polonovski**, présentée par M. Charles Moureu.

Dans un Mémoire publié précédemment ([2]), nous avons étudié la dégradation de l'éther éthylique de l'éséroline par la méthode de Hofmann et nous y avons décrit brièvement le produit final, partiellement désazoté, que nous avons dénommé *éthésérolène*. Ayant depuis poursuivi cette étude, nous sommes arrivés à isoler à l'état pur tous les composés intermédiaires, ce qui nous amène à faire ici quelques petites rectifications des constantes physiques que nous avions alors indiquées. La quantité plus abondante d'éthésérolène dont nous avons pu disposer nous a permis d'en faire une étude chimique plus complète, grâce à laquelle nous avons abouti à caractériser la nature de l'azote restant, ainsi que celle du noyau tout entier.

Récapitulons les diverses phases de la dégradation : l'éséréthol (1) donne avec 1^{mol} de CH^3I un iodométhylate (2) qui, traité par un excès de soude caustique, laisse d'abord précipiter la base quaternaire, huileuse (3), qui ne tarde pas à se transformer en cristaux (4). Ce précipité n'entre en solution dans l'éther que très lentement après avoir subi une transformation avec ouverture du noyau hétérocyclique hydré (5). La base dès l'ésérétholméthine, cristallise de l'éther, en belles aiguilles prismatiques, fondant à 89°. Son picrate rouge orange, peu soluble dans l'alcool, fond à 196°. La méthine, traitée à son tour par 1^{mol} de CH^3I, en solution dans l'éther, donne au bout de plusieurs jours, un dépôt neutre au tournesol, fondant vers 105°, et qui s'est révélé

([1]) Nous n'avons pas encore eu l'occasion de doser la silice dans les eaux minérales immédiatement à la sortie de la source.

([2]) *Bull. Soc. chim.*, 1918, p. 335.

comme constitué de deux iodométhylates α et β. Par trituration, en effet, avec un mélange éther-alcool méthylique, on obtient le produit α sous forme d'une poudre cristalline, de réaction neutre fondant vers 135°, de pouvoir rotatoire $\alpha_D = +2°$; dans les eaux mères on trouve le second iodométhylate β, lévogyre ($\alpha_D = -25°$). L'iodométhylate α (6) traité par la soude concentrée à l'ébullition se décompose intégralement en triméthylamine et en un nouveau corps, très facilement entraînable par la vapeur d'eau, l'éthésérolène (7). Au contraire l'iodométhylate β ne se décompose pas dans les mêmes conditions. Un dosage d'iode, pratiqué sur ce dernier, conduit à la formule d'un monoiodométhylate d'ésérétholméthine (substance, 0g,343; AgI, 0,193. Calculé pour $C^{13}H^{16}N^2(CH^3)(OC^2H^5)I + H^2O$: AgI = 0,192) :

$$R\begin{cases} OC^2H^5 \\ CH^2 - CH^2 \\ CH^2 - N - CH^3 \end{cases} \quad (1)$$

$$R\begin{cases} OC^2H^5 \\ CH^2 - CH^2 \\ CH^2 - N(CH^3)^2I \end{cases} \quad (2)$$

$$R\begin{cases} OC^2H^5 \\ CH^2 - CH^2 \\ CH^2 - N(CH^3)^2OH \end{cases} \quad (3)$$

$$R\begin{cases} OC^2H^5 \\ CH^2 - CH^2OH \\ CH^2 - N = (CH^3)^2 \end{cases} \quad (4)$$

$$R\begin{cases} OC^2H^5 \\ CH - CH^2 \\ CH^2 - N - (CH^3)^2 \end{cases} \quad (5)$$

$$R\begin{cases} OC^2H^5 \\ CH = CH^2 \\ CH^2 = N(CH^3)^3I \end{cases} \quad (6)$$

$$R'\begin{cases} OC^2H^5 \\ CH = CH^2 \\ CH^2 \end{cases} \quad (7) \qquad R = C^9H^8N$$

Éthésérolène. — L'éthésérolène se présente sous forme de grands prismes translucides, incolores, fondant à 48°. Très peu soluble dans l'eau, il se dissout très facilement dans l'éther et dans l'alcool, un peu moins dans l'éther de pétrole.

$$\alpha_D \text{ (dans l'alcool à 95°)} = -98°.$$

La solution hydroalcoolique donne avec $FeCl^3$ une coloration rouge brun.

Analyses. — I. Substance, 0g,2123; CO^2, 0g,5586; H^2O, 0g,1538. — II. Substance, 0g,2014; CO^2, 0g,5278; H^2O, 0g,1449. — III. Substance, 0g,140 (Kjeldahl); $SO^4H^2 \frac{N}{10}$, 6cm³.

	Trouvé pour 100.			Calculé pour
	I.	II.	III.	$C^{11}H^{13}NO, H^2O$.
C.........	71,76	71,5	″	72,1
H.........	8,05	7,09	″	8,1
N.........	″	″	6	6

L'éthésérolène est une base très faible; il se dissout dans les acides moyennement concentrés; l'addition d'eau le précipite. Traité par un excès de CH^3I, pur ou en

solution méthylique, il donne un iodométhylate bien cristallisé, fondant à 179°. En solution aqueuse $\alpha_D = -40°$. Par addition de soude à la solution de l'iodométhylate, ce dernier précipite sans changement, mais, chauffé avec la soude concentrée, il se décompose quantitativement en CH^3OH et en base primitive.

L'éthésérolène possède donc un *azote tertiaire* susceptible de fixer 1^{mol} de CH^3I; il se comporte, en outre, comme toutes les bases faibles (pyrazols, indazols, dihydroïndols) dont les sels quaternaires se décomposent en alcoylhalogène et base primitive.

L'addition de NO^2Na en milieu acétique provoque la formation d'un dérivé nitrosé rouge, peu soluble dans l'eau, très soluble dans l'alcool et l'éther, fondant vers 97°.

Lorsqu'on traite l'éthésérolène par NO^3H au tiers, et que l'on chauffe légèrement, le produit commence par se dissoudre, puis vers 50°, en même temps que se dégagent d'abondantes vapeurs nitreuses, un corps jaune rougeâtre se dépose. Si l'on arrête alors immédiatement, par un refroidissement énergique, l'action oxydante de NO^3H, on peut isoler le dérivé rouge qui a précipité; il est très difficilement soluble dans l'alcool, même à chaud (p. f. 215°).

L'analyse indique qu'à part l'introduction du groupe NO^2 dans la molécule, il y eut aussi oxydation et, bien que nous ne puissions encore rien affirmer quant à la composition exacte de ce produit, nous avons pu en tirer une indication précieuse sur la nature du noyau de l'éthésérolène.

Ce composé nitré, traité à chaud par de la lessive de soude, dégage quantitativement une molécule de méthylamine, que nous avons caractérisée par son picrate fondant à 209°. *L'azote tertiaire de l'éthésérolène est donc méthylé.* En distillant l'éthésérolène avec six fois son poids de Zn en poudre dans un courant de H, on obtient un composé volatil, donnant très nettement la réaction du bois de sapin. L'azote tertiaire méthylé fait donc partie d'un noyau *pyrolique ou indolique*.

Comme l'ésérine et tous ses dérivés, l'éthésérolène est réduit par Zn et HCl, en donnant un composé hydré huileux; l'hydroéthésérolène ($\alpha_D = -30°$) est beaucoup moins stable que le produit primitif; il se colore en rouge au contact des alcalis et en vert en présence des acides. Avec NO^2H il donne aussi un dérivé nitrosé rouge, mais huileux. Traité par un excès de CH^3I il donne naissance, comme l'éthésérolène, à un iodométhylate, également décomposable à chaud par les alcalis en régénérant l'hydroéthésérolène. Cet iodométhylate est pâteux; $\alpha_D = -20°$ (substance, $0^g,367$; AgI, $0^g,218$).

En résumé l'éthésérolène $C^{14}H^{17}ON, H^2O$ est une base faible dont l'azote tertiaire engagé dans un noyau pyrrolique est lié à un groupe méthyle; il possède encore la double liaison des dérivés de l'ésérine ainsi que leur carbone asymétrique. De plus la couleur rouge de ses dérivés nitrés et nitrosés ainsi que la manière de se comporter de son iodométhylate rapproche l'éthésérolène des dihydroindols ou des hydroquinoléines. Tout ceci limite considérablement les hypothèses de constitution possible pour ce dérivé et partant pour l'ésérine elle-même.

CRISTALLOGRAPHIE. — *L'arrangement des atomes dans les cristaux de cinabre.* Note de M. **Ch. Mauguin**, présentée par M. Wallerant.

Le cinabre HgS a la symétrie $(\Lambda_3, 3L_2)$ comportant la polarisation circulaire ([1]). Il existe ([2]) sept modes d'assemblages triplement périodiques présentant cette symétrie, entre lesquels l'étude de la réflexion des rayons X sur les faces du cristal doit permettre de choisir. Les résultats de cette étude sont rassemblés dans le Tableau suivant :

Plans réflecteurs.	θ.	Équidistances exp.	calc.	Intensité.
		1. *Base.*		
0001.......	6°,6	3,08	3,17	*forte*
0002.......	13	3,15	″	*très forte*
0003.......	19,7	3,15	″	très faible
		2. *Prismes.*		
$10\bar{1}0$.......	″	″	3,60	presque nulle
$20\bar{2}0$.......	11,3	3,61	″	très faible
$30\bar{3}0$.......	17,2	3,59	″	moy. faible
$40\bar{4}0$.......	23,3	3,58	″	faible
$31\bar{4}0$.......	21	0,99	1,00	faible
$21\bar{3}0$.......	15,3	1,34	1,36	moy. faible
$11\bar{2}0$.......	10	2,04	2,08	*forte*
$22\bar{4}0$.......	20,3	2,04	″	faible
$12\bar{3}0$.......	15,5	1,33	1,36	moy. faible

([1]) Descloizeaux, *Comptes rendus*, t. 44, 1857, p. 876 et 909.

([2]) Sohncke, *Entwickelung einer Theorie der Krystallstruktur*, Leipzig, 1879.

Plans réflecteurs.	θ.	Équidistances exp.	Équidistances calc.	Intensité.
		3. Rhomboèdres directs.		
1018.......	18°,3	1,13	1,13	moyenne
$10\bar{1}5$.......	12,2	1,67	1,68	*forte*
$20\bar{2}7$.......	19,2	1,08	1,08	moy. faible
$10\bar{1}3$.......	8,7	2,34	2,38	très faible
$20\bar{2}5$.......	15,9	1,29	1,31	très faible
$10\bar{1}2$.......	7,2	2,83	2,87	*très forte*
$20\bar{2}4$.......	14,3	2,86	"	moyenne
$30\bar{3}6$.......	22,1	2,82	"	très faible
$20\bar{2}3$.......	13,3	1,54	1,56	très faible
$30\bar{3}4$.......	19,1	1,08	1,07	faible
$10\bar{1}1$.......	6,3	3,23	3,36	presque nulle
$20\bar{2}2$.......	12,5	3,27	"	très faible
$30\bar{3}3$.......	18,7	3,32	"	faible
$20\bar{2}1$.......	11,6	1,76	1,77	*forte*
$40\bar{4}2$.......	"	"	"	douteuse
$30\bar{3}1$.......	17,6	1,17	1,19	très faible
		4. Rhomboèdres inverses.		
$\bar{3}031$.......	17,6	1,17	1,19	très faible
$\bar{2}021$.......	11,8	1,73	1,77	faible
$\bar{3}032$.......	18	1,15	1,16	faible
$\bar{1}011$.......	6,3	3,23	3,36	*très forte*
$\bar{2}022$.......	12,4	3,30	"	moy. forte
$\bar{1}014$.......	10,4	1,96	1,98	*forte*
$\bar{1}017$.......	16,1	1,28	1,27	moy. forte
$\bar{1},0,1,10$....	22,7	0,92	0,92	faible

Les équidistances des plans réticulaires déduites des angles de réflexion $\frac{\pi}{2} - \theta$ des rayons K_α du molybdène ($\lambda = 0,708.10^{-8}$ cm), par application de la formule $n\lambda = 2d \sin\theta$, concordent avec celles que l'on calcule pour un assemblage du type (23-24) de Sohncke obtenu en répétant une particule le long d'un axe ternaire hélicoïdal vertical dont le *pas* $\vec{c}$ est égal à $9,51.10^{-8}$ cm, et reproduisant la pile hélicoïdale ainsi formée par les trans-

lations horizontales $\vec{a}_1$, $\vec{a}_2$, $\vec{a}_3$ d'amplitude $a = 4,15.10^{-8}$ cm, faisant entre elles des angles de 120°, indéfiniment répétées.

Le produit du volume afférent à une particule ($v = 142.10^{-24}$ cm³) par la densité (8,1) du cristal donne une masse égale à celle de la molécule HgS(384.10^{-24} g). La particule qui se répète le long de l'axe hélicoïdal comporte donc un seul atome Hg, un seul atome S, lesquels doivent, par conséquent, se trouver sur les axes binaires (normaux à l'axe hélicoïdal) que comporte l'assemblage de Sohncke, autrement le nombre des atomes serait double.

Ces axes binaires sont de deux sortes : les uns rencontrant l'axe hélicoïdal aux niveaux ..., $+\frac{c}{3}$, zéro, $-\frac{c}{3}$, ..., les autres aux niveaux intermédiaires ..., $\frac{5}{6}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{6}$, ... Les particularités de la réflexion sur les plans 0001, savoir réflexion du deuxième ordre plus intense que celle du premier ordre, réflexion du troisième ordre très faible, conduisent à placer les atomes Hg sur les uns, les atomes S sur les autres de ces axes binaires, ce qui revient à admettre suivant 0001 une succession alternée de plans Hg et de plans S. Les ondes réfléchies par les plans S sont alors en opposition de phase avec les ondes réfléchies par les plans Hg dans les spectres des premier et troisième ordres, qui sont ainsi affaiblis; il y a au contraire accord de phase dans le spectre de deuxième ordre, qui devient le plus intense.

Finalement, prenant trois axes de direction $\vec{a}_1$, $\vec{a}_2$, $\vec{c}$, nous définirons l'édifice en plaçant trois atomes Hg, trois atomes S aux points de coordonnées :

$$\mathrm{Hg}\left|\begin{matrix} u.a & 0 & +\frac{c}{3} \\ 0 & u.a & 0 \\ -u.a & -u.a & -\frac{c}{3} \end{matrix}\right| \qquad \mathrm{S}\left|\begin{matrix} v.a & 0 & -\frac{c}{6} \\ 0 & v.a & 0 \\ -v.a & -v.a & +\frac{c}{6} \end{matrix}\right| \qquad \begin{matrix} a = 4,15.10^{-8}\,\mathrm{cm} \\ c = 9,51.10^{-8}\,\mathrm{cm} \end{matrix}$$

et soumettant cet ensemble au groupe de translations $h\vec{a}_1 + j\vec{a}_2 + k\vec{a}_n$ (h, j, k, nombres entiers quelconques).

Les paramètres u et v restent indéterminés. Une remarque concernant l'*intensité* des spectres permet d'en donner une valeur approximative. Pour $u = v = \frac{1}{3}$, on aurait un assemblage rhomboédrique (maille avec un atome Hg en son centre, un atome S en chacun de ses sommets). Les faces d'indices ($p, q, -p-q, r$) pour lesquelles ($p - q + r$) n'est pas divisible

par 3 ne donneraient que des spectres d'ordre 3 ou multiple de 3; c'est l'existence de spectres d'ordres 1, 2 ou 4 réfléchis par ces plans qui empêche d'admettre un réseau rhomboédrique.

Mais il est remarquable que tous ces spectres sont d'intensité faible ou très faible, de sorte que si u et v ne peuvent être égaux à $\frac{1}{3}$, ils doivent s'écarter assez peu de cette valeur. Pour préciser davantage, il faudrait une mesure exacte des intensités et une connaissance des lois de la diffusion des rayons X par les atomes Hg et S que nous ne possédons pas encore.

GÉOLOGIE. — *Sur la limite entre le Danien et le Maëstrichtien en Crimée.* Note de Mlle **Gertrude Weber**, présentée par M. H. Douvillé.

Le passage du Crétacé supérieur au Paléocène en Crimée, entre Inkerman et Bakhtchi-Saraï s'effectue généralement d'une façon insensible.

A la limite du Maëstrichtien et du Danien se trouve une couche remarquable par un curieux ensemble de formes maëstrichtiennes, daniennes et paléocènes.

La coupe des assises supérieures du Crétacé est la suivante :

I. Le Maëstrichtien, de 90^{m} d'épaisseur, présente trois niveaux :

1° Marnes blanches à *Pachydiscus neubergicus* Hauer, *Scaphites constrictus* Sow., *Hamites cylindraceus* Defr., *Ancyloceras retrorsum* Schlut., *Baculites vertebralis* Lmk., *Bac. Knorri* Desm., *Belemnitella lanceolata* Schloth., *Ostrea vesicularis* Lmk., *Trigonosema pulchellum* Nils., *Terebratulina chrysalis* Schloth., *Echinocorys vulgaris* Breyn., *Cardiaster granulosus* Forbes, et nombreux Lamellibranches et Gastéropodes.

2° Marnes sableuses jaunâtres, à fossiles rares, renfermant : *Pachydiscus neubergicus* Hauer, *Ancyloceras retrorsum* Schlut., *Belemnitella americana* Mort., *Pecten membranaceus* Eichw., etc.

3° Marnes sableuses, peu glauconieuses, formant corniche, très fossilifères, mais contenant surtout des Ostréidés et des Pectinidés. On y trouve : *Belemnitella americana* Mort., *Ostrea vesicularis* Lmk., *O. lunata* Nils., *O. ungulata* Coq., *O. semiplana* Sow., *Exogyra laciniata* Nils., *E. decussata* Goldf., *Pecten membranaceus* Eichw., *Neithea substriatocostata* Orb., *N. simbirskensis* Orb., *Gyropleura ciplyana* Ryckh., *Crania ignabergensis* Retz et beaucoup d'autres formes.

II. Au-dessus vient une couche constituée par un grès glauconieux friable, riche en fossiles et en nodules de phosphate de chaux, qui ne dépasse pas 75^{cm} d'épaisseur.

A Inkerman le passage entre le Maëstrichtien et le Danien semble être

insensible et la limite est marquée seulement par une accumulation de *Pecten*, *Ostrea* et nodules phosphatés.

Près de Bakhtchi-Saraï la surface des couches inférieures porte les traces visibles d'une érosion sous-marine, elle est inégale et présente parfois des poches remplies par la roche qui les recouvre.

Aux environs de Karassoubazar (Bouroundouk-kaja) l'érosion atteint le maximum et le grès glauconieux repose sur les couches nº 2 à *Ancyloceras retrorsum*.

La quantité du glauconie et du phosphate augmente avec l'intensité de l'érosion.

Le grès contient toutes les formes de la couche précédente, dont quelques-unes sont perforées, roulées et phosphatées, mais la plupart sont bien conservées; il en est de même pour les Bélemnitelles.

A cause de la présence des Bélemnitelles on rapportait jusqu'à présent cette couche encore au Maëstrichtien, mais à la faune précédente viennent s'ajouter les formes suivantes : *Echinocorys sulcatus* Goldf., *Ech. depressus* Eichw., *Echinoconus* (*Catopygus*) *avellana* Dub., *Garumnaster Michaleti* Lamb., *Thisthomanthus* sp., un nouveau genre d'Échinide, *Cucullæa volgensis* B. de Marny, *Meretrix obliquus* Desh., *Cyprina*, *Cardita*, quelques Gastéropodes, *Nautilus danicus* Schlot., *N. bellerophon* Lund., etc.

Les Échinides et le *Nautilus danicus* sont des formes daniennes, tandis que les Gastéropodes et les Lamellibranches, transformés en phosphate, ont un faciès paléocène.

III. Le Danien proprement dit est représenté par des marnes sembables à celles du Maëstrichtien supérieur, mais généralement plus friables et correspondant à une excavation longitudinale entre les deux corniches, du Maëstrichtien et du Danien supérieur. L'épaisseur de cette couche ne dépasse pas 6^m à l'ouest de Simféropol, tandis qu'à l'Est elle atteint 40^m; elle est souvent difficile à séparer du grès glauconieux, surtout à l'Est.

De toute la faune précédente on ne retrouve dans cette couche que les Échinides, les Brachiopodes, *Ostrea vesicularis*, *Exogyra decussata* et *Nautilus danicus*.

Le Danien se termine par un calcaire à Bryozoaires de 30^m d'épaisseur, dont on ne trouve dans la Crimée orientale que des lambeaux épargnés par l'érosion.

Les Bélemnitelles et la plupart des Lamellibranches et des Gastéropodes du niveau intermédiaire entre le Maëstrichtien et le Danien se rencontrent aussi dans l'assise sous-jacente, tandis que les Echinides et le *N. danicus*

sont des formes daniennes; les Lamellibranches et les Gastéropodes ont au contraire de grandes affinités avec des formes paléocènes. *Garumnaster Michaleti* est une forme pyrénéenne, ainsi que le *Micraster* sp. qui se rapproche du *M. tercensis* Cott. et l'*Echin. depressus*, voisin de l'*E. pyrenaicus*; le *Tristhomantus* est un genre tertiaire et se rencontre dans le Danien de Manghychlak, ainsi que le genre nouveau d'Echinide.

Il s'ensuit que le bassin Maëstrichtien devient peu à peu moins profond : le faciès riche en Ammonoïdées fait place à un faciès à *Ostrea* et *Pecten*. La diminution de profondeur amène une érosion sous-marine qui est suivie d'une apparition de formes cryptogènes et d'une destruction en masse des organismes tant de ceux qui vivaient antérieurement (*Belemnitella*, *Ostrea*, *Pecten*) que de ceux nouvellement arrivés (Lamellibranches et Gastéropodes de caractère paléocène).

Si l'on considère que la pénétration de formes cryptogènes et la disparition brusque d'une masse d'organismes sont l'indice de conditions nouvelles et qu'elles résultent d'un déplacement de la ligne de rivage, on peut conclure que *la surface terminale érodée du Maëstrichtien forme la limite entre les deux étages Maëstrichtien et Danien, et que les grès de la couche intermédiaire à Echyn. sulcatus, Naut. danicus et Bel. americana appartiennent déjà au Danien inférieur, malgré la persistance de formes maëstrichtiennes.*

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur la constitution des couches supérieures de l'atmosphère.* Note de M. L. **Vegard**, présentée par M. Deslandres.

Dans une Note récemment publiée [1], j'ai annoncé, d'après mes recherches sur le spectre de l'aurore boréale, que l'azote est un élément dominant jusqu'au bord supérieur de l'atmosphère.

Pour expliquer la densité assez grande de l'azote à des hauteurs de 600^{km}-700^{km} correspondant aux plus hauts rayons de l'aurore boréale, j'ai supposé que l'azote était électriquement chargé et était poussé vers le haut par des forces électriques. La pression de gaz devait varier d'après la formule

$$dp = -(\rho g - \sigma F)\,dr,$$

ρ densité du gaz, σ densité électrique, F force électrique. Supposons que

(1) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 947.

le gaz suit l'équation d'état $p = \frac{RT}{M}\rho$, la variation de densité avec r serait donnée par l'équation différentielle

$$(2)\qquad \frac{1}{\sigma}\frac{d^2\rho}{dr^2} - \frac{d\sigma}{d\rho}\left(\frac{1}{\sigma}\frac{d\rho}{dr}\right)^2 + \left(\frac{2}{r} + \frac{g}{a} - \frac{g\rho}{a\sigma}\frac{d\sigma}{d\rho}\right)\frac{1}{\sigma}\frac{d\rho}{dr} + \frac{2g\rho}{ar\sigma} - \frac{4\pi\sigma}{a} = 0,$$

où $a = \frac{RT}{M}$. La résolution du problème demande une autre relation donnant l'expression pour la variation de σ avec ρ ou r.

Si nous voulons supposer que $\sigma = \alpha\rho$, où α est constant au-dessus d'une certaine hauteur, l'équation prend la forme

$$(3)\qquad \frac{d^2\rho}{dr^2} - \frac{1}{\sigma}\left(\frac{d\rho}{d\sigma}\right)^2 + \frac{2}{r}\frac{d\rho}{dr} + \frac{2g\rho}{ar} - \frac{4\pi\alpha^2\rho^2}{a} = 0.$$

Même en cette forme plus simple l'équation différentielle n'est pas tout à fait simple, mais on pourrait en tout cas employer une intégration numérique.

Cependant je n'ai pas poussé l'intégration plus loin; car quelques calculs numériques sur l'ordre de grandeur des charges électriques m'ont conduit à la supposition que l'azote au bord extrême de l'atmosphère n'existe pas sous forme de gaz, mais qu'il est condensé en petites particules. Le potentiel serait zéro sur une surface sphérique de rayon r_0. Au-dessus de cette surface, la masse par unité de surface étant μ et la charge par unité de surface étant ε, si une fraction β des molécules porte une charge $e = 4{,}77.10^{-10}$ U. E. S., on a

$$(4)\qquad \varepsilon = \beta\frac{e}{m}\mu,$$

m étant la masse moléculaire absolue.

La force électrique est approximativement

$$(5)\qquad F = 4\pi\beta\frac{e}{m}\mu.$$

Si l'action électrique ne doit pas surpasser l'effet du poids, nous aurons

$$\sigma F < \rho g.$$

Maintenant est

$$\frac{\sigma}{\rho} = \beta\frac{e}{m} \qquad \text{et} \qquad \frac{e}{m} = 1{,}07.10^{13}.$$

Et finalement

$$(6)\qquad 4\pi\beta^2\mu < 10^{-23} \text{ gramme.}$$

Si β est près de l'unité, μ serait trop petit.

Avec une atmosphère de gaz importante, supportée par des forces électriques, faut-il supposer que seulement une petite fraction des molécules porte une charge électrique. Mais, quand la densité est trop petite, on ne pourrait pas concevoir que la charge électrique produit une action mécanique comme si l'électricité était distribuée également sur toutes les molécules. D'ailleurs un gaz d'azote approximativement neutre ne peut pas expliquer le caractère du spectre de l'aurore boréale.

Si la température est au-dessous de 60° absolus, il est probable que l'azote est solidifié sous la forme de petits cristaux, et cette fine poussière de l'azote serait chargée électriquement par l'effet photo-électrique du rayonnement du Soleil.

Le spectre de l'aurore boréale serait émis quand ces petits cristaux d'azote seraient exposés aux rayons électriques ([1]). Ainsi nous comprenons que le nombre de lignes du spectre de l'aurore boréale est si réduit, et qu'il se produit des lignes qui ne paraissent pas avec l'azote gazeux.

Les changements de couleur peuvent apparaître dans l'aurore boréale lorsque la poussière d'azote, par le bombardement des rayons électriques, est transformée en un gaz d'un autre spectre et d'une autre couleur.

Quand des météores traversent l'atmosphère, on peut observer un changement de couleur du vert au rouge. Ce phénomène peut facilement se comprendre : le changement de couleur correspond au passage de l'atmosphère de poussière avec la ligne verte dominante à l'atmosphère de gaz où la forte lumière verte disparaît.

La hauteur de l'atmosphère est supposée croissante des pôles vers l'équateur, en partie à cause de l'activité solaire plus grande, en partie parce que les particules électriques, pendant leur mouvement vers le haut, suivent les lignes de force magnétique.

La poussière d'azote va s'accumuler autour du plan d'équateur magnétique où se forme un anneau de poussière lenticulaire.

En effet, M. Störmer a constaté que la hauteur des rayons de l'aurore boréale est beaucoup plus grande aux plus basses latitudes que près de la zone de l'aurore boréale; ce qui indique que la hauteur de l'atmosphère grandit vers l'équateur. Cette atmosphère de poussière disperse la lumière du Soleil et explique ainsi la couleur bleue du ciel, comme l'anneau de poussière autour de la Terre explique la lumière zodiacale. En fait, quand cet anneau

---

([1]) J'ai déjà projeté des recherches sur les spectres émis par l'azote quand celui-ci a été solidifié par l'hydrogène liquide.

de poussière lenticulaire après le coucher du soleil est touché par la lumière, il se projette sur le ciel comme un cône brillant et l'expérience indique que la lumière zodiacale doit être de la lumière solaire réfléchie.

L'état électrique des couches supérieures fait comprendre que le ciel de nuit émet presque toujours la ligne verte. Comme la région de l'aurore est constituée par de petites particules et non par des ions gazeux, on comprend que l'atmosphère peut rester lumineuse plusieurs minutes après que le bombardement des rayons d'une forte aurore boréale est terminé.

L'atmosphère de poussière électrique peut encore réflecter des ondes sonores et les ondes électromagnétiques.

BOTANIQUE. — *Quelques remarques sur la locomotion des Oscillaires.* Note de M. **Henri Coupin**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Les Algues bleues du genre Oscillaire vivent dans des milieux tellement pollués (notamment dans les eaux douces, où elles sont mélangées d'Algues vertes, de Rotifères, de Diatomées, de Bactéries, de détritus divers) qu'il est difficile de les étudier au point de vue physiologique. Pour bien faire, il faudrait que l'on pût les obtenir en cultures rigoureusement pures, mais, à ma connaissance, cela n'a jamais été réalisé, car leur membrane gélatineuse, si mince qu'elle fût, est toujours habitée par des bactéries dont il semble, pratiquement, impossible de les débarrasser sans les tuer elles-mêmes; de plus, les hormogonies, immergées par les pratiques habituelles des dilutions dans un milieu liquide, meurent généralement, sans doute par manque d'oxygène. Ainsi que je l'ai indiqué précédemment [1], on peut, cependant, en obtenir des cultures luxuriantes [2] (mais non « pures » au sens bactériologique du mot) où les hormogonies sont bien isolées et où elles ont l'avantage d'être dans un milieu parfaitement homogène. Ce procédé consiste à déposer le fragment contenant les Oscillaires sur du liquide de Knop rendu semi-solide par l'adjonction de gélose à 1 pour 100 (par mesure de prudence, on stérilise le milieu, au préalable, à l'autoclave), gelée coulée en boîtes de Petri. Il y a là, évidemment, un procédé très simple qui rendra plus facile, tant au point de vue systématique et cytologique qu'au point de vue physiologique (ou, plus exactement, physique, car la présence de

---

[1] *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 822.

[2] En un mois, on peut en obtenir plus d'un décimètre carré, avec une épaisseur (dans la gélose) de 1^{mm}.

bactéries dans ces cultures « demi-pures » rend l'étude de la nutrition presque impossible), la connaissance des Oscillaires.

J'ai profité de ces circonstances pour relever quelques données relatives à leur locomotion, dont les causes sont, on le sait, absolument inconnues.

Cette locomotion se présente comme une série d'allers et de reculs dans le sens de la longueur (¹). Je me suis contenté, au point de vue documentaire, pour une hormogonie d'*Oscillatoria limosa* Ag. (largeur : 9^{μ}) de chronométrer ces mouvements, en notant, minute par minute, pendant 2 heures, la distance parcourue par l'Oscillaire dans un sens ou dans l'autre, déplacement qui, dans la gélose, est, évidemment, plus lent que dans l'eau, mais, par contre, aussi facile à analyser que les vues cinématographiques projetées « au ralenti ».

A titre d'exemple, je relaterai le cas suivant, où, durant les 2 heures d'examen, il y a eu, successivement, des avances (A) et des reculs (R) durant des temps indiqués ci-après en minutes :

A, 8^{m}; R, 4^{m}; A, 9^{m}; R, 5^{m}; A, 3^{m}; R, 5^{m}; A, 2^{m}; R, 8^{m}; A, 2^{m}; R, 5^{m}; A, 6^{m}; R, 5^{m}; A, 6^{m}; R, 7^{m}; A, 5^{m}; R, 3^{m}; A, 2^{m}; R, 7^{m}; A, 5^{m}; R, 4^{m}; A, 5^{m}; R, 6^{m}; A, 5^{m}; R, 5^{m}.

Ces mouvements ont atteint, en μ, les longueurs ci-dessous :

A, 57^{μ}; R, 39^{μ}; A, 66^{μ}; R, 24^{μ}; A, 18^{μ}; R, 33^{μ}; A, 6^{μ}, R, 75^{μ}; A, 6^{μ}; R, 21^{μ}; A, 48^{μ}; R, 21^{μ}; A, 36^{μ}; R, 45^{μ}; A, 30^{μ}; R, 6^{μ}; A, 6^{μ}; R, 36^{μ}; A, 30^{μ}; R, 21^{μ}; A, 27^{μ}; R, 39^{μ}; A, 30^{μ}; R, 30^{μ}.

Il n'y a donc *aucun rythme régulier*, ni dans les longueurs des avances ou des reculs, ni dans les intervalles de temps qui ont séparé chaque avance de chaque recul ou réciproquement.

J'ai observé, en outre, qu'*il y a synchronisme absolu* entre les mouvements des deux extrémités d'une même hormogonie (sauf, bien entendu, qu'ils sont de sens contraire); il semble donc que l'Oscillaire se déplace en totalité, c'est-à-dire qu'elle ne s'allonge pas en se rétrécissant à la manière des sangsues, ce que d'ailleurs confirme les mesures micrométriques.

A noter, enfin, que, dans d'autres hormogonies de la même espèce ou

(¹) Le mouvement pendulaire des extrémités des hormogonies n'est pas aussi manifeste que le ferait croire leur nom d' « Oscillaires ». Bon nombre d'espèces ne le présentent pas; d'autres ne le présentent que de temps à autre, du moins dans le milieu indiqué ci-dessus. Quelquefois, il est de si faible amplitude qu'on ne le perçoit qu'avec de très forts grossissements : il donne alors l'impression du mouvement de l'extrémité antérieure d'une Planaire cherchant à se frayer un chemin.

d'autres espèces, les déplacements peuvent être plus grands ou plus petits, plus fréquents ou moins fréquents sans que l'allure générale de la courbe en soit modifiée. Je citerai, par exemple, une Oscillaire plus étroite (6$^{\mu}$) que celle étudiée ci-dessus et où l'avance ou le recul (dans la gélose) atteignaient plus de 500$^{\mu}$ et duraient, chacun, plusieurs quarts d'heure.

Il semble probable que le glissement des Oscillaires est dû à des modifications de leur tension superficielle causées, peut-être, par leurs échanges osmotiques.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur les prétendues dextrines de réserve des Monocotylédones.* Note de MM. **H. Colin** et **H. Belval**, présentée par M. Guignard.

On cite souvent la Jacinthe (*Hyacinthus orientalis*) comme le type des plantes qui mettent en réserve, à côté de l'amidon, de grandes quantités de dextrines. La plupart des ouvrages de Chimie et de Physiologie végétales reproduisent le Tableau suivant, emprunté à Leclerc du Sablon ([1]), où se trouvent consignées les quantités respectives de sucres, réducteurs ou non, de dextrines et d'amidon présentes dans le bulbe aux différentes périodes de la végétation.

	Hydrates de carbone pour 100 du poids sec.			
Date des analyses.	Sucres réducteurs.	Sucres non réducteurs.	Dextrines.	Amidon.
18 janvier	4	11	18	5
27 mars	3	10	22	16
1er mai	0,2	3	25	27
27 mai	0,5	1	26	29
11 novembre	2	3	21	26
18 décembre	3	5	27	8
10 février	8	5	15	4

L'auteur épuisait à froid, par l'alcool à 90°, les bulbes préalablement desséchés et considérait comme matières amylacées les hydrates de carbone qui ne passaient pas en solution; ceux qui, insolubles dans l'alcool, se dissolvaient dans l'eau froide, la liqueur devenant réductrice après action des acides, étaient rangés parmi les dextrines.

Ces caractères ne suffisent pas à identifier les matières *amylacées* solubles;

([1]) Leclerc du Sablon, *Les réserves des bulbes et des tubercules* (*Rev. gén. de Botanique*, t. 10, 1898, pp. 353, 385, 447, 519); et *Comptes rendus*, t. 128, 1899, p. 944.

la dextrine du bulbe de Jacinthe n'est pas autre chose qu'une *lévulosane*, très répandue chez les Monocotylédones, insoluble dans l'alcool, soluble dans l'eau, non réductrice, mais le devenant sous l'action des acides.

La réserve hydrocarbonée du bulbe de Jacinthe se compose exclusivement d'amidon et d'une lévulosane soluble, lévogyre, assez abondante pour communiquer au suc une viscosité très accusée. Les sucres réducteurs ne sont jamais qu'en très petite quantité; le saccharose, à la différence de ce que l'on observe dans d'autres bulbes, ceux du Lis blanc et de la Tulipe par exemple, fait complètement défaut; la viscosité du suc est due uniquement à la lévulosane; le bulbe ne renferme pas de gommes du groupe des galacto-pentosanes.

Épuisé à plusieurs reprises par l'eau froide, le bulbe abandonne l'hydrate de carbone lévogyre que l'on isole facilement par précipitation à l'eau de baryte concentrée et chaude. On régénère la substance au moyen de l'acide sulfurique et on la précipite par l'alcool fort; après dessiccation, on obtient un produit blanc, non hygroscopique, qui se ramollit sur le bloc Maquenne vers 180°, se boursoufle et devient extrêmement visqueux; à l'inverse de l'inuline, il ne fond pas sans jaunir et se décomposer. Il se dissout dans l'eau, même à froid, et la viscosité des liqueurs augmente très rapidement avec la concentration; évaporées à sec, les solutions aqueuses laissent une pellicule translucide qui, pulvérisée, se convertit en une poudre blanche. Ce sont là les caractères physiques des gommes; le produit retiré de la Jacinthe s'en distingue par sa facile précipitation à l'état de composé barytique; de plus, il ne précipite ni par l'acétate basique de plomb, sinon en milieu ammoniacal, ni par le nitrate mercurique.

Son pouvoir rotatoire est compris entre -40 et -42; on trouve, par exemple, $-41,5$ dans les conditions suivantes : $\pi = 1,26$, $l = 5$, $t = 18°$. L'hydrolyse s'effectue facilement sous l'action des acides étendus; elle est complète après un quart d'heure de séjour au bain-marie à l'ébullition, en présence de 0,5 pour 100 de HCl à 22° ou de 2 pour 100 d'acide acétique; le pouvoir rotatoire, rapporté à la substance elle-même, est alors égal à -85 ($\pi = 1,26$, $l = 5$, $t = 18°$). Les produits d'hydrolyse traités par la phénylhydrazine ne donnent pas d'autre osazone que la glucosazone; ils ne renferment pas trace de sucre aldéhydique et ne sont oxydés ni par le brome en solution aqueuse, ni par l'iode en milieu faiblement alcalin. L'hydrate de carbone soluble de la Jacinthe se trouve ainsi nettement caractérisé comme une lévulosane, insoluble dans l'alcool, donnant par hydrolyse du lévulose à l'exclusion de dextrose.

Dès 1894, Chevastelon [1] avait signalé la présence dans la Jacinthe et beaucoup d'autres bulbes d'une sorte d'inuline différente de celle du Dahlia et du Topinambour.

Il s'agit, en réalité, d'un principe très semblable, sinon identique, à la scilline ou sinistrine retirée par Schmiedeberg de la Scille maritime en 1879 et qui depuis a fait l'objet de différents travaux.

La même substance, ou tout au moins une substance analogue, remarquable par sa viscosité, se rencontre dans nombre de Monocotylédones, accompagnée ou non d'amidon. Pour ne citer que les Scilles de la collection de Vilmorin dont nous reproduisons servilement les noms, *Scilla nutans* [2], *patula*, *pratensis*, *campanulata*, *cernua*, très riches en lévulosanes, sont dépourvues d'amidon, tandis que *Scilla amœna*, *italica*, *sibirica*, *bifolia*, renferment à la fois amidon et lévulosanes.

Il importe peu, pour l'instant, qu'il y ait, dans toutes ces plantes, un seul ou plusieurs hydrates de carbone lévogyres. Le fait essentiel est que, dans tous les cas, il s'agit de lévulosanes et non de dextrines; du coup s'évanouissent les considérations d'ordre général sur le rôle des dextrines en tant qu'hydrates de carbone de réserve et sur la genèse de l'amidon à partir des dextrines; les processus de synthèse sont à ce point condensés dans la Jacinthe que les dextrines ne subsistent jamais en quantité appréciable à côté de l'amidon.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Remarques sur la fixation au liquide de Merkel et sur certaines structures nucléaires soi-disant provoquées par les fixateurs à base d'acide osmique*. Note de **M. R. de Litardière**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Dans un Mémoire récent consacré à l'étude de la cinèse somatique chez le *Podophyllum peltatum*, Overton [3] préconise l'emploi, comme fixateur,

---

(1) Chevastelon, *Contribution à l'étude des hydrates de carbone* (*Thèse*, Paris, 1894). Ce travail, inspiré par Gayon et Dubourg, a été analysé par Bourquelot lui-même au *Journal de Pharmacie*, 6e série, t. 2, 1895.

(2) Le bulbe frais de la Jacinthe des bois (*Endymion nutans*) renferme jusqu'à 26 pour 100 de lévulosane, ce qui représente 85 pour 100 environ du poids sec; il arrive que le produit exsude et forme à la surface de fines pellicules ou des concrétions hyalines.

(3) J. B. Overton, *The organization of the nuclei in the root tips of Podophyllum peltatum* (*Trans. Wisconsin Acad. Sc. Arts and Letters*, t. 20, 1922, p. 275-322).

du liquide de Merkel, fixateur de choix, prétend-il, et de loin supérieur à tous les autres. Les solutions à base d'acide osmique couramment utilisées produiraient des artifices de préparation, marqués surtout par une contraction des structures nucléaires. Le savant américain envisage ainsi le tassement polaire comme entièrement dû à l'action de fixateurs défectueux et trouve qu'après fixation au Merkel, il n'existe pas d'anastomoses entre les divers chromosomes des noyaux en télophase, ces anastomoses ne se présentant que dans le matériel traité par des mélanges de Flemming ou par celui d'Hermann.

Etant donnée l'importance que l'on doit attacher aux questions concernant les modifications apportées par les fixateurs sur la manière d'être des structures nucléaires, j'ai cru intéressant de vérifier l'effet de la solution de Merkel, en utilisant comme matériel les jeunes racines du *Podophyllum peltatum*, plante très favorable pour les recherches cytologiques et que j'avais déjà étudiée [1] après fixation au Benda.

Tout d'abord, je dois dire qu'en se servant du liquide dont la formule est indiquée, sous le nom de fixateur de Merkel, par Dop et Gautié dans leur Manuel de technique botanique,

Solution d'acide chromique à 1 pour 100	1g
Solution de chlorure de platine à 1 pour 100	1g
Eau	1g

les résultats sont déplorables et très inférieurs même à ceux obtenus après fixation au picroformol de Bouin. Les éléments chromosomiques se montrent tellement gonflés qu'il est tout à fait impossible d'observer les détails de leur structure.

En employant la formule mentionnée dans les *Methods of Plant Histology* de Chamberlain,

Solution à 1,4 pour 100 de platine	25cm³
Solution à 1,4 pour 100 de chlorure de platine	25cm³

on obtient une bonne fixation, mais qui ne m'a pas paru supérieure à celle fournie par le liquide de Benda. Ainsi que l'ont indiqué plusieurs cytologistes, moi-même en particulier [2] et comme le fait ressortir encore

(1) R. de Litardière, *Remarques au sujet de quelques processus chromosomiques dans les noyaux disploïdiques du* Podophyllum peltatum *L.* (*Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1066).

(2) *La Cellule*, t. 31, p. 262.

P. Martens ([1]), la solution de Benda doit être considérée comme le meilleur de tous les fixateurs cytologiques. Avec le Merkel, les divers aspects de fin de prophase, notamment ceux du clivage longitudinal, m'ont semblé moins clairs qu'avec le Benda.

J'ai pu me rendre compte une fois de plus qu'il est inexact de considérer le tassement polaire comme produit uniquement par le liquide fixateur, ainsi que l'a soutenu Lundegardh (1912) et le prétend encore Overton. Je ne puis que répéter, à propos du *Podophyllum*, ce que j'ai dit au sujet des chromosomes des Filicinées ([2]), à savoir que le tassement polaire des chromosomes, marquant la fin de la période anaphasique, est un phénomène absolument normal, mais exagéré naturellement par les fixateurs gonflants, ceux entre autres contenant une forte proportion d'acide acétique. J'ajouterai qu'avec le liquide de Merkel les figures de tassement polaire ne diffèrent guère de celles obtenues après fixation au Benda.

Overton avait déjà signalé, dans une Note préliminaire parue en 1909, l'absence d'anastomoses entre les chromosomes télophasiques du *Podophyllum peltatum*. Après examen de cette plante qui paraissait aberrante, je me suis aperçu ([3]) qu'elle ne différait en rien des autres à ce point de vue. Il est vrai que le matériel utilisé alors avait été traité par le fixateur de Benda, fixateur qu'Overton accuse de provoquer la formation d'anastomoses. Aujourd'hui, je suis à même d'affirmer que cette fixation ne provoque nullement l'apparition d'anastomoses, car je viens d'en observer, *après fixation au Merkel*, de très nettes reliant non seulement les différents chromosomes entre eux, mais encore chaque branche des chromosomes en V. J'ai fait une constatation analogue pour ce qui est de l'*Allium Cepa*. Il demeure hors de doute que la formation d'anastomoses est un processus *naturel* et *constant*, processus caractéristique de la période de dispersion des chromosomes. Du reste, bien qu'Overton déclare au début de son mémoire qu'il n'existe pas d'anastomoses dans les préparations de matériel fixé au liquide de Merkel, il dit plus loin, et l'on s'explique mal cette restriction : « In figure 8 drawn from material fixed in Merkel's fluid... no anastomoses are present between the adjacent chromosomes except at there polar ends. In this nucleus the chromosomes lie in the newly forming nuclear vacuole perfectly distinct from one another. » Cette figure n'est, à mon avis, nulle-

([1]) *La Cellule*, t. 32, p. 334.
([2]) *La Cellule*, t. 31, p. 399.
([3]) *Comptes rendus*, *loc. supra cit.*

ment démonstrative, car précisément le noyau sur lequel l'auteur attire notre attention est représenté par des chromosomes plus ou moins disloqués par le rasoir.

TOXICOLOGIE. — *Sur la toxicité du cuivre à l'égard des moisissures.* Note de M. **Raphaël Dubois.**

Dans une série de Notes (¹), M. et Mme Villedieu ont montré que le cuivre n'est pas toxique pour les moisissures, en particulier pour le mildiou, et que les composés cupriques doivent leur toxicité à l'égard des levures et des moisissures, lorsqu'ils sont à l'état de sels, à l'acide de ces sels, qui est progressivement mis en liberté et, lorsqu'ils sont à l'état d'oxydes, à leur fonction basique.

Dans aucune des publications relatives à cette question, je n'ai vu citer ma communication du 3 novembre 1890. Or, en ce qui concerne la toxicité du cuivre, les recherches de M. et Mme Villedieu ne font que confirmer l'exactitude des conclusions tirées des résultats des expériences que j'ai communiquées à l'Académie, à savoir que les mycéliums des moisissures peuvent se développer dans des solutions cupriques concentrées. En même temps que cette Note intitulée : *Les moisissures du cuivre et du bronze*, j'avais présenté des plaques de cuivre et des monnaies de bronze à la surface desquelles avaient été cultivées des moisissures. Sous leur influence, il s'était produit une couche de malachite absolument comparable à la patine du plus beau bronze antique.

La seule chose nouvelle dans les communications de M. et Mme Villedieu, c'est l'hypothèse que les sels de cuivre n'agissent pas par les produits acides et basiques de leur décomposition dans les bouillies employées pour combattre le mildiou, dont on ne saurait nier l'efficacité malgré l'inocuité du cuivre. Cette explication n'a pas paru suffisante à M. Priolan (²) qui pense que les bouillies cupriques n'agissent pas directement comme agents anticryptogamiques, mais bien en donnant à la vigne, par les produits cupriques qui peuvent être absorbés, une sorte d'immunité, attendu qu'il existe des cépages réfractaires au mildiou, sans traitement.

(¹) *Comptes rendus*, séances des 7 février 1921, 2 novembre 1921, 6 mars 1922, 9 août 1922.

(²) *La Pharmacie française*, novembre 1922.

Mes recherches personnelles sur le *cuivre normal dans la série animale* (¹) m'avaient conduit à admettre que le cuivre est un élément constituant normal du bioprotéon, ou substance vivante, l'existence normale du cuivre chez un grand nombre de végétaux et dans les terrains où ils croissent, ayant été constatée d'autre part par plusieurs auteurs (²).

Il se peut donc qu'il existe une sorte de chlorose cuprique favorisant l'invasion cryptogamique à laquelle les composés cupriques peuvent remédier comme le fer à la chlorose ferrique végétale.

Toutefois, ce ne sont pas les seules explications que l'on puisse donner de l'activité anticryptogamique des bouillies cupriques.

J'ai depuis longtemps montré (³) que la solution cupro-potassique de Fehling décompose énergiquement l'eau oxygénée et que l'action combinée de ces deux agents provoque l'oxydation de la luciférine avec production de lumière aussi bien que le pourrait faire l'oxydant naturel zymasique de la luciférine : la luciférase. J'avais été incité à essayer cette réaction à la suite de ce fait, que j'avais signalé dans les *Comptes rendus* (⁴), à savoir que le sang de certains mollusques et crustacés marins non photogènes renfermant du cuivre pouvait oxyder la luciférine de la Pholadedactyle avec émission de lumière. Cette action oxydante du cuivre vient de nouveau d'être mise en évidence par une très intéressante communication de M. Valdiguié à la Société de Biologie intitulée : *Les sels de cuivre peuvent agir à la fois comme oxydase et comme peroxydase* (⁵).

Il est dès lors permis d'admettre que, à la façon de la liqueur cupro-potassique, les bouillies cupriques de la chaux puissent jouer le rôle d'oxydases et de peroxydases anticryptogamiques, surtout si l'on songe que dans la rosée qui se dépose sur les végétaux verts existe de l'oxygène actif en assez grande abondance pour que cette circonstance ait été utilisée pour le blanchiment des toiles : avec l'aide des bouillies cupriques, l'action anticryptogamique de l'oxygène actif de la rosée serait considérablement accrue.

CONCLUSION : *Il n'y avait donc pas lieu, comme je l'ai indiqué dès* 1890,

---

(¹) *Bull. de la Soc. Linn. de Lyon* et *C. R de la Soc. de Biol.*, 1899.

(²) Voir l'article Cuivre in *Grand Dictionnaire de Physiologie* de Charles Richet, t. 4, p. 610.

(³) RAPHAËL DUBOIS, *Mécanisme intime de la production de la lumière chez les organismes vivants* : (*Ann. de la Soc. Linn. de Lyon*, 1913, et chez Rey, éd., Lyon, 1913, p. 7).

(⁴) *Comptes rendus*, t. 153, 1911, p. 690.

(⁵) Séance du 26 avril 1923.

d'attribuer au cuivre ou à ses sels un pouvoir toxique direct qu'ils ne possèdent pas, mais d'admettre qu'ils détruisent les parasites par une action peut-être comparable à celle des zymases oxydantes et peroxydantes, du permanganate de potassium et de l'eau oxygénée, etc.

PHYSIOLOGIE. — *Nouvelles recherches sur la mouche de Goloubatz.* Note de M. **Jivoin Georgévitch**, présentée par M. F. Mesnil.

La mouche de Goloubatz est particulièrement nombreuse et dangereuse cette année. Elle a de beaucoup dépassé ses limites ordinaires, non seulement en Serbie mais aussi dans les pays limitrophes, en Roumanie et en Bulgarie. Elle est même plus dangereuse dans ces pays et, d'après les communications officielles roumaines, la mouche a tué, dans la seconde quinzaine du mois d'avril, plus de 3000 bœufs et chevaux dans les districts voisins de Turn-Severin. En Serbie, on note la perte de centaines de bœufs dans les districts de Pirot.

Cette invasion exceptionnelle intéresse non seulement l'opinion publique mais aussi les autorités, car elle dépasse les limites d'un problème zoologique et acquiert une signification économique et vétérinaire.

La question de l'extermination des mouches, de même que la question de l'immunité et du traitement du bétail, restent toujours ouvertes, malgré l'effort qu'on a fait dans les pays intéressés. L'extermination est impossible vu la grande étendue du terrain où la ponte de la mouche s'effectue. Presque toute la Serbie orientale et les eaux des Carpathes sont infestées par la ponte de cette mouche.

La question de l'immunité du bétail est toujours ouverte, car nous ne connaissons ni le rôle de la mouche ni la nature de l'agent infectieux ou du venin. Tout récemment, la mouche est devenue plus active en Allemagne, et l'on a dû attendre de ce côté-là un peu plus de renseignements. Mais tous les efforts des savants allemands sont restés infructueux et au fond nous ne connaissons en ce moment aucune solution des problèmes concernant cette mouche. C'est ce qui me décide à publier quelques résultats des observations que j'ai faites sur la mouche de Goloubatz (*Simulia columbacensis*) dans laquelle j'ai trouvé jadis un Trypanosomide (*Crithidia simuliæ*), comme aussi une Microsporidie, restée non décrite et qui rougit tous les tissus internes de la Simulie.

N'ayant pu trouver l'agent infectieux, j'ai fait des expériences pour

déterminer l'effet de la piqûre de la mouche et si possible la vraie nature du venin ou toxine. Ces expériences exigent un riche matériel, qu'il m'a été possible de me procurer, vu le grand nombre des mouches.

Du fait que les animaux succombent par suite de nombreuses piqûres, on peut supposer que la mouche injecte un venin dont la nature reste à déterminer. Pour les expériences, il suffit de travailler avec des têtes de mouches, qui contiennent les trompes et une partie des glandes salivaires.

Expérience I. — On fait une émulsion de quelques centaines de têtes de mouches dans l'eau physiologique. 1-2$^{cm^3}$ de cette solution injectée sous la peau du cobaye, du lapin ou de la souris blanche déterminent, 30 minutes après la piqûre, les troubles dont les phases seront décrites dans la suite.

Expérience II. — Les extraits alcooliques de têtes de mouches dissous dans l'eau physiologique, à raison de 1-2$^{cm^3}$ d'après la grandeur de l'animal, déterminent les mêmes phénomènes morbides. Non seulement les extraits alcooliques, mais aussi les extraits faits dans l'éther ou le chloroforme, sont toxiques.

Expérience III. — Les animaux deviennent malades ou meurent lorsqu'on leur donne des mouches *per os*. Ainsi est morte une souris blanche qui a dévoré une vingtaine de mouches vivantes qu'on lui a mis à la disposition sous une cloche.

Quel que soit le mode d'obtention du venin, les animaux sentent, à la place de la piqûre, une douleur intense et essayent de se débarrasser du mal soit par les pattes, soit par le museau, longtemps après la piqûre faite. L'inflammation du tissu sous-cutané autour de la piqûre se traduit par des zones plus ou moins grandes de peau scarifiée. Bien vite après l'injection, l'animal montre des crampes toniques et cloniques et la dyspnée commence 30 à 45 minutes après la piqûre. Ensuite survient l'ataxie locomotrice et finalement la prostration totale et l'animal se tient sur le côté pendant quelques heures avant de mourir. A cet état, l'animal ne réagit presque pas aux excitations.

La peau est anémiée, ainsi qu'on peut en juger d'après l'état des oreilles.

Chez les animaux qui survivent, il faut une double dose de solution de venin, 3$^{cm^3}$ à 4$^{cm^3}$, pour reproduire le même effet, et les phénomènes morbides apparaissent plus tard, après 2 à 5 heures.

La piqûre est très douloureuse, car nous avons eu à souffrir pendant plusieurs jours, mon assistant et moi, d'une seule piqûre.

Quel est l'agent actif qui produit la douleur et la mort de l'animal piqué? Les analyses toxicologiques qui sont en cours l'indiquent sans doute.

En Allemagne, où depuis quelques années et surtout pendant la guerre, la mouche en question est devenue plus dangereuse, on n'est pas arrivé à des résultats plus précis, quoique plusieurs Universités et plusieurs commis-

sions officielles étudient la question. Jusqu'à présent, il n'a été présenté que des hypothèses à ce sujet. Wigand, par exemple, suppose que le venin des glandes salivaires de la mouche agit, d'une part localement, de l'autre après avoir pénétré dans la circulation. Taschenberg plaide en faveur d'une infection mais n'a pas déterminé l'agent infectieux. Loske pense que les eaux polluées par l'industrie communiqueraient aux insectes leur pouvoir toxique. Matthiesen, Peets et Dahlgrüu supposent un venin spécial, semblable au venin de serpent, etc. Kobert, qui a été expert du gouvernement, trouve que les mouches ne sont pas toxiques pour les lapins, souris, cobayes, mais qu'elles agissent par les acides qu'elles sécrètent.

En comparant ces résultats aux miens, on verra que les suppositions de Loske tombent par le fait que, dans les eaux de Goloubatz, il n'y a pas de déversements industriels. De même ne sont pas soutenables les suppositions des autres auteurs cités, en les comparant à mes résultats positifs.

Enfin quelques auteurs sont d'avis que la mouche transmet un bacille bipolaire qu'on trouve dans les tissus malades. Pour ceux-là, il s'agit d'une infection, car il y a une courte période d'incubation.

De tout cela, on peut conclure que la mouche de Goloubatz semble bien venimeuse, et qu'il s'agit maintenant de connaître le venin au point de vue chimique et physiologique.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence du thorium X sur la catalase du foie.* Note de MM. **Alfred Maubert**, **Léon Jaloustre** et **Pierre Lemay**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nous avons préparé la catalase suivant la méthode décrite par Gabriel Bertrand et P. Thomas (*Guide pour les manipulations de Chimie biologique*, Paris, 1913, p. 351, § 451). La solution diastasique ainsi obtenue a été expérimentée après avoir été diluée au $\frac{1}{7000}$.

On a fait agir cette catalase diluée sur de l'eau oxygénée, tantôt en l'absence de thorium X, tantôt avec des doses croissantes de thorium X, depuis $\frac{1}{10}$ de microgramme jusqu'à 200^{γ}.

Nous nous sommes préalablement assurés que le thorium X n'avait aucune action sur l'eau oxygénée en l'absence de catalase.

L'eau oxygénée qui nous a servi dans toutes nos expériences était de l'eau oxygénée parfaitement neutre préparée pour les applications chirurgicales par la Société l'Air liquide.

D'autre part, les préparations de bromure de thorium X utilisées étaient pures au point de vue radioactif, c'est-à-dire complètement exemptes des ascendants du thorium X (thorium, mésothorium, radiothorium). Par contre, elles contenaient une quantité de bromure de baryum de l'ordre de grandeur de 1^{γ} par microgramme d'activité de thorium X employé.

C'est pourquoi nous avons cru devoir expérimenter l'influence du bromure de baryum seul sur l'activité de la catalase du foie jusqu'à 200^{γ} de bromure de baryum pur par expérience. Nous avons trouvé dans cette expérience des résultats complètement négatifs montrant ainsi que les résultats obtenus avec les préparations de thorium X n'étaient aucunement dus à l'action du bromure de baryum présent dans ces préparations.

Dans chacune de nos expériences, nous avons mélangé la catalase et l'eau oxygénée à raison de 100^{cm^3} de solution de catalase à $\frac{1}{7000}$ et 20^{cm^3} d'eau oxygénée, le tout additionné, suivant le cas, de la quantité prévue de bromure de thorium X. Le volume total du liquide de chaque ballon a été uniformisé exactement à 200^{cm^3} par addition d'eau distillée.

Nous avons déterminé préalablement le pourcentage d'oxygène disponible du mélange qui a été de $0^{g},136$ pour chaque ballon. Nous avons toujours opéré en présence des témoins suivants :

a. Témoin contenant de l'eau oxygénée et de la catalase bouillie;

b. Témoin contenant de l'eau oxygénée simplement diluée par addition d'eau distillée;

c. Témoin contenant de l'eau oxygénée et de la catalase fraîche sans addition de thorium X.

Toutes les 30 minutes, nous avons prélevé 20^{cm^3} du mélange de chaque ballon placé à la glacière et nous avons dosé l'oxygène dégagé.

Les Tableaux suivants résument nos opérations et présentent la moyenne des chiffres obtenus avec cinq séries d'expériences, en faisant varier les doses de thorium X :

TABLEAU I (de $\frac{1}{10}$ à 10 microgrammes).

	Ballons témoins.			Ballons radioactivés.				
	H^2O^2.	Bouil.	Catal.					
Eau oxygénée neutralisée	20	20	20	20	20	20	20	20
Catalase au $\frac{1}{7000}$	0	100	100	100	100	100	100	100
Eau distillée................	180	80	80	80	80	80	80	80
Oxygène disponible du mélange total (en mgr)............	136	136	136	136	136	136	136	136
Bromure de thorium X en microgrammes.............	0	0	0	0,1	0,5	1	5	10

	Ballons témoins.			Ballons radioactivés.				
	H^2O^2.	Bouil.	Catal.					
Oxygène dégagé du mélange total (en mgr) :								
Après 30 minutes	0	0	59	59	68	68	68	32
» 1 heure	0	0	80	80	84	84	81	44
» 1 heure 30 minutes	0	0	82	82	89	89	85	51
» 3 heures	0	0	83	83	92	91	88	60
» 24 heures	0	0	136	136	136	136	136	136

Les doses de thorium X comprises entre $0^\gamma,1$ et 5^γ pour un volume total de liquide de 200^{cm^3} provoquent une activation de la catalase du foie. (Concentration : $0^\gamma,0005$ à $0^\gamma,025$ par centimètre cube.)

TABLEAU II (de 20 à 200 microgrammes).

	Ballons témoins.			Ballons radioactivés.			
	H^2O^2.	Bouil.	Catal.				
Eau oxygénée neutralisée	20	20	20	20	20	20	20
Catalase au $\frac{1}{7000}$	0	100	100	100	100	100	100
Eau distillée	180	80	80	80	80	80	80
Oxygène disponible du mélange total (en mgr)	136	136	136	136	136	136	136
Bromure de thorium X en microgrammes	0	0	0	20	50	100	200
Oxygène dégagé du mélange total (en mgr) :							
Après 30 minutes	0	0	72	49	48	42	35
» 1 heure	0	0	84	64	62	56	47
» 1 heure 30 minutes	0	0	89	73	71	64	55
» 3 heures	0	0	92	82	79	73	66
» 24 heures	0	0	136	136	136	136	136

A partir de 10^γ de thorium X pour un volume total de liquide de 200^{cm^3}, le thorium X provoque une paralysie qui va s'accroissant avec la quantité de thorium X en expérience. (Concentrations supérieures à $0^\gamma,05$ par centimètre cube.)

(Dans les deux séries d'expériences se rapportant respectivement aux deux Tableaux précédents, la catalase provenait de deux préparations différentes et son activité dans chaque cas n'était pas identique.)

Nous nous sommes demandé quelles étaient les radiations actives sur la catalase du foie dans ces expériences.

En vue de les déterminer, des expériences comparatives ont été faites

avec des préparations de thorium X en ampoules de verre et des préparations mélangées comme précédemment au milieu diastasique.

Les premières n'agissent pas, tandis que les secondes sont actives.

Il faut donc en conclure que ce sont les radiations α du thorium X qui agissent sur le catalase du foie.

En concordance avec les résultats précédents, nous avons constaté que l'émanation du thorium (génératrice de rayons α seulement) est elle-même active sur la catalase du foie.

Ici nous n'avons pas poussé l'expérience au delà des doses accélératrices.

On a mis cette propriété en évidence en faisant barboter un courant d'air dans une solution de 500^{γ} de bromure de thorium X dans 200^{cm^3} d'eau distillée. Cet air, chargé d'émanation du thorium, était amené finalement dans la solution diastasique contenant 20^{cm^3} d'eau oxygénée, 100^{cm^3} de solution de catalase au $\frac{1}{3000}$ et 80^{cm^3} d'eau distillée.

Un ballon témoin coutenait un milieu diastasique identique.

Le dégagement d'oxygène est terminé au bout de 3 heures dans le ballon soumis à l'influence de l'émanation de thorium, tandis qu'il n'est terminé qu'au bout de 24 heures dans le ballon témoin.

En résumé, le thorium X agit sur la catalase du foie pour l'activer à faibles doses et la paralyser à fortes doses.

Cette action est due au rayonnement α.

L'émanation du thorium (génératrice de rayons α seulement) agit comme le thorium X.

BIOGÉOGRAPHIE. — *Origine de la faune entomologique des Carpathes et des monts de Bihor.* Note de M. **René Jeannel**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Depuis les belles recherches des géologues de Vienne, nous possédons des données très précises sur la paléogéographie des Carpathes. Il s'ensuit que cette région naturelle se prête tout particulièrement à des études de Biogéographie.

Pendant le dépôt du premier étage méditerranéen et du Schlier, les Carpathes étaient une grande île isolée au milieu des mers couvrant l'Europe moyenne, et ce n'est qu'à la fin des dépôts du Schlier que la mer s'est retirée du détroit de l'Oder et que le massif carpathique s'est définitivement rat-

taché au massif de Bohême. Alors, pendant la fin du Miocène et une partie du Pliocène, les Carpathes ont formé une grande presqu'île dans la mer Sarmatique, presqu'île tout à fait comparable à l'Italie actuelle, tant par sa forme allongée que par son axe montagneux. Bien plus, la presqu'île carpathique était aussi prolongée par une Sicile, car les monts de Bihor formaient une île tantôt isolée, tantôt rattachée plus ou moins aux Carpathes du Banat. A la fin du Pliocène, après le retrait progressif de la mer Sarmatique, les Carpathes se sont enfin rattachés par le Sud au massif Dinarique et à l'Egéide septentrionale, de façon qu'une large voie a pu être ouverte aux échanges de faune avant que le creusement du Danube ne soit venu y opposer une nouvelle barrière.

Lorsqu'on étudie la distribution des espèces propres au massif carpathique, après revision de leur phylogénie, on constate qu'elles peuvent être classées dans deux catégories, les unes étant venues du Nord, du massif de Bohême, les autres ayant colonisé les Carpathes par le Sud, à une date bien plus récente.

Les *Choleva* du groupe de *Ch. nivalis*, certains *Trechus*, comme *T. latus*, *T. splendens*, appartiennent à la première catégorie. Ces espèces existent dans le massif de Bohême et sont représentées dans les Alpes, tout au moins par des formes vicariantes, ce qui indique qu'elles ont dû passer dans le massif alpin à une époque ancienne, peut-être avant l'effondrement du bassin de Vienne. Elles se sont répandues dans toute l'ancienne presqu'île carpathique, et quelques-unes ont même pu, par le Banat, gagner le massif de Bihor (*T. latus*). Le glaciaire les a plus ou moins décimées dans le nord de la chaîne carpathique, aussi les trouvons-nous surtout florissantes aujourd'hui dans les Alpes de Transylvanie.

Les espèces de la deuxième catégorie sont beaucoup plus nombreuses. Pour ne parler que de groupes revisés, je citerai entre autres le *Choleva biharica*, les *Bathysciinæ*, les *Trechinæ* des genres *Duvalites* et *Duvalius*, le *Trechus pulchellus*, les *Staphylinidæ* du groupe des *Glyptomerus*. Tous ces groupes, abondamment représentés dans la péninsule balkanique, se retrouvent dans le Banat, l'ouest des Alpes de Transylvanie et les monts de Bihor.

Leur migration vers le nord n'a pu se produire qu'à la fin du Pliocène, après le retrait de la mer Sarmatique, et il est remarquable que cette migration a coïncidé avec les extensions glaciaires. Tous ces groupes étaient très hygrophiles et le changement de climat qui a suivi la fin des périodes

glaciaires les a pour la plupart obligés à rechercher l'humidité dans le sol, soit dans les fentes, soit dans les grottes.

On comprend donc que la faune des Carpathes septentrionales et orientales soit pauvre ; elle est constituée seulement par des espèces bohémiennes décimées par le Glaciaire. Par contre, la faune des Alpes de Transylvanie est d'une grande richesse, car elle est un mélange de formes bohémiennes et dinariques sur lesquelles le Glaciaire a eu peu d'action.

Quant aux monts de Bihor, presque exclusivement peuplés de formes d'origine dinarique, ils ont donc une faune entomologique récente et bien moins riche que celle des Alpes de Transylvanie, car leur climat très rigoureux a empêché beaucoup de groupes de les atteindre.

ENTOMOLOGIE. — *Une station nouvelle du Termite lucifuge.*
Note de M. **Pierre Lesne**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Au mois de mars 1922, l'attention de M. Bois était attirée sur la présence, dans le Pavillon chaud des serres du Muséum d'Histoire naturelle, de colonies d'Insectes vivant dans la tige d'un *Strelitzia augusta* de grande taille en voie de dépérissement. Appelé à examiner ces Insectes, je reconnus qu'il s'agissait du Termite lucifuge (*Leucotermes lucifugus* Rossi), espèce répandue comme on le sait sur le littoral méditerranéen en Europe et en Afrique, ainsi que dans le sud-ouest de la France jusque dans la Vendée, et devenue célèbre par les dégâts qu'elle a causés dans les habitations en certaines villes, notamment à Rochefort et à La Rochelle.

Dans le Pavillon chaud du Muséum, le *Strelitzia* attaqué était planté dans le sol même de la serre. Sa tige, partiellement évidée à la base, sans doute par suite de vétusté, n'était pas habitée au centre même par les Termites. Les galeries de ceux-ci s'étendaient, au contraire, sur une longueur de plus de 2^{m}, dans l'épaisseur des parties ligneuses périphériques, dans des tissus en apparence sains. La plante était d'ailleurs très malade et vouée à une mort prochaine.

En fouillant le sol de la serre, à une profondeur de 20^{cm} à 30^{cm}, je découvris des galeries aboutissant au *Strelitzia* et dans lesquelles circulaient les Termites.

Les mesures de défense immédiatement prises furent l'arrachage du *Strelitzia*, sa destruction par le feu et le sulfurage du sol dans la région

parcourue par les galeries souterraines. Ces mesures ne devaient avoir qu'un effet palliatif, car il était impossible, sous peine de compromettre la vitalité des plantes, d'explorer le sol et de le sulfurer au voisinage immédiat des racines, en des points où les Termites pouvaient également être installés.

Une visite faite au Pavillon chaud pendant les premiers jours de mai 1923 m'a permis de constater que les Termites continuaient en effet à s'y développer. Des bûches reposant sur le sol et servant de supports en contenaient d'assez importantes colonies dans leurs portions périphériques sillonnées de galeries. D'autres avaient été observés précédemment dans des bambous, qui avaient été arrachés et brûlés.

Il n'est pas possible de préciser l'époque d'introduction au Muséum du Termite lucifuge, qui y a été probablement importé avec des plantes en pots provenant du Midi.

Les mesures en voie d'exécution, prises avec l'approbation de M. le professeur Bois et comportant un système de piégeage, permettront sans doute de lutter efficacement contre l'Insecte, dont les dégâts, d'ailleurs très limités actuellement, pourraient s'aggraver si sa multiplication devenait plus active. On sait, en effet, par des observations antérieures faites dans la Charente-Inférieure et dans la Gironde (de Quatrefages, 1853; M. Girard, 1874; J. Chaine, 1910; J. Feytaud, 1921) que le Termite lucifuge peut attaquer les arbres et les arbustes vivants. Il importe, d'autre part, de prévenir l'éventualité d'essaimages susceptibles d'amener la fondation de nouvelles colonies.

L'apparition du Termite lucifuge à Paris peut être rapprochée de la découverte d'une colonie de la même espèce faite aux environs de Boston (Massachussets), en mai 1918 (R. D. Dobson, 1918).

HISTOGENÈSE. — *La genèse des nématocystes des Nudibranches.* Note (¹) de M. **Alphonse Labbé**, présentée par M. Henneguy.

Les travaux anciens de Strethill Wright (1858), ceux de Grosvenor (1903) et les expériences plus récentes de Cuénot (1906) semblaient avoir définitivement démontré que les nématocystes des Nudibranches ne sont

(¹) Séance du 14 mai 1923.

que des déchets alimentaires, des cellules urticantes des Cœlentérés dont se nourrissent ces petits Mollusques et que le cnidosac de l'extrémité des cirres n'est qu'une sorte de renflement cloacal. Disons tout de suite que cette opinion, devenue classique, est parfaitement justifiée par les faits; mais on l'a trop tôt généralisée, et nous allons montrer que les Nudibranches ont également des nématocytes qui leur sont propres.

J'ai pu vérifier, en effet, la genèse des nématocystes dans les cnidosacs des *Æolidiella*, notamment chez *Æ. Croisicensis* Labbé (¹), une jolie espèce commune au Croisic en mars-avril, et aussi chez *Æ. glauca* Ald. et Hanc.

Dans l'évolution du cnidosac, il y a deux stades successifs : l'un, encore non connu et que je vais décrire, correspond à la formation de nématocystes *éolidiens;* l'autre répondant aux données classiques, comporte l'accumulation dans le cnidosac transformé de déchets alimentaires et notamment de nématocystes *cœlentériens*.

Les *Æolidiella* possèdent, autour des rhinophores, une collerette cervicale de courtes papilles, plus ou moins décolorées, à cnidosac long de près de 1^{mm}, et à prolongement hépatique réduit.

Si l'on excite ces papilles, leurs cnidosacs projettent, non des nématocystes, mais des paquets de grandes cellules ressemblant à de longues cellules caliciformes et renfermant un nombre limité de nématocystes, tous à peu près de même taille et rangés du côté cuticulaire (²).

Sur coupe longitudinale, le cnidosac, longuement ovoïde, montre, en dedans de la musculature, un épithélium formé de longues cellules qui convergent vers la ligne médiane du cnidosac, réduisant sa cavité à une lumière linéaire étroite et parfois presque virtuelle.

Chaque cellule, d'apparence seulement caliciforme, car elle ne forme pas de mucine, cylindrofusiforme et longue de 150 à 200^{μ}, se termine du côté basal en pointe effilée. La base renferme le noyau sphérique, entouré d'un cytoplasme granuleux basophile ou métachromatique. Au-dessus, tout le reste de la cellule forme une thèque oblongue, entourée d'une membrane assez résistante et renfermant un liquide acidophile et coagulable, si bien que l'aspect de cette thèque est différent *in vivo* ou après l'action des réactifs. Après fixation, en effet, la thèque paraît remplie de sphérules irrégulières, acidophiles, pressées les unes contre les autres, et qui ressemblent beaucoup à la coupe transversale d'une fibre musculaire. Le bleu picrique colore en vert les sphérules, et leurs intervalles en jaune. *In vivo*, la thèque se montre remplie d'un liquide réparti dans de nombreuses vacuoles, surtout du côté basal, la partie cuticulaire de la thèque

(¹) Communication à la Société des Sciences naturelles de l'Ouest, 3 mai 1923.

(²) Hecht, dans ses *Contributions à l'étude des Nudibranches* (Thèse de Paris, 1896), avait déjà observé ce fait, mais n'en avait pas tenté l'explication.

étant presque homogène, et la membrane périphérique apparaît plissée comme celle d'un sac incomplètement rempli de liquide. Accolés les uns contre les autres en deux ou trois rangées contre les cuticules, on voit 7 ou 8 nématocystes, bien formés, mais tous à peu près de même taille et beaucoup plus petits que les nématocystes adultes (15 à 16$^{\mu}$).

Grâce à cette disposition, la coupe du cnidosac est caractéristique : sa lumière linéaire est bordée par une couche de nématocystes fortement basophiles et métachromatiques; le sac est presque entièrement rempli par les thèques acidophiles, et, tout autour, il y a une couronne de noyaux. Entre les cellules, et surtout au fond du sac, continuant le canal de communication, sont de nombreuses petites cellules de remplacement. Les nématocystes se forment dans les vacuoles de la thèque, les éléments les plus jeunes se trouvant du côté basal. La première origine consiste dans l'apparition, dans une vacuole, de deux sphérules ou vésicules acidophiles accolées, entre lesquelles s'introduisent des granulations basophiles (mitochondries?) dont la soudure en un fuseau mince et allongé paraît être le premier stade du filament urticant. Le tout s'allonge ultérieurement en une capsule ovoïde, puis cylindrique; la paroi des sphérules devient bientôt basophile et formera la capsule du nématocyste; leur cavité, sa cavité; et le fuseau fixé à une des extrémités de la capsule s'allonge pour former l'embase du filament urticant.

Voici donc une première étape de l'évolution du cnidosac qui me semble n'avoir pas été vue par les auteurs antérieurs. La deuxième étape s'établit par le fait que tantôt, par mode holocrine, les cellules tombent dans la cavité centrale, tantôt, par sécrétion mérocrine, la thèque seule se détache de la partie basale. Les nématocystes formés se trouvent donc libres et mélangés à des débris cellulaires dans la cavité du cnidosac, qui devient ainsi très large et apte à admettre les déchets alimentaires (nématocystes cœlentériens et autres).

Je ne sais pas d'ailleurs s'il peut se produire des poussées cnidogéniques successives, ou s'il n'y en a qu'une seule. Je ne puis pas d'ailleurs affirmer que ce processus de cnidogenèse s'applique à tous les Nudibranches, puisque je ne l'ai vérifié que chez les *Æolidiella*. Mais, au moins dans ce genre, les deux hypothèses anciennes se trouvent ainsi contrôlées; elles sont tracées dans le temps, et c'est la succession des deux phases qui compliquait la question, puisqu'on trouvait dans le cnidosac, devenu un cloaque, les nématocystes cœlentériens provenant de l'alimentation, mélangés aux nématocystes éolidiens vrais.

La séance est levée à 15^{h}50^{m}.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances d'avril 1923 (*suite et fin*).

Histoire naturelle illustrée. Les animaux : *Les Invertébrés*, par L. Joubin. *Les Vertébrés*, par Aug. Robin. Paris, Larousse; 1 vol. 31^cm.

Gouvernement général de l'Indo-Chine. *Fondation de l'Institut scientifique de l'Indo-Chine.* Saïgon, Portail, 1919; 1 fasc. 26^cm.

Fondation Loutreuil. *La contention des Bovins*, par Ch. Besnoit. Toulouse, Phototypie toulousaine, s. d.; 1 fasc. 19×24^cm,5.

Tables annuelles de constantes et données numériques de Chimie, de Physique et de Technologie. Secrétaire général : Ch. Marie. Volume IV, années 1913, 1914, 1915, 1916. Première Partie, 1921; deuxième Partie, 1922. Paris, Gauthier-Villars et Cie; 2 vol. 30^cm. (Présenté par M. Moureu.)

L'horloge astronomique de la Cathédrale de Strasbourg, par Alfred Tingerer et Théodore Tingerer, avec une préface par Camille Flammarion. Strasbourg, Imprimerie alsacienne, 1922; 1 vol. 33^cm. (Présenté par M. Bigourdan.)

Université de Strasbourg. Faculté des Sciences. Institut de Physiologie générale. *Travaux* 1919-1922, par E.-F. Terroine. Laval, Imprimerie S. Barnéoud et Cie, s. d. 1 fasc. 25^cm. (Présenté par M. L. Guignard.)

Le Père François Jacquier et ses correspondants, par Ernest Jovy. Vitry-le-François, Société des Sciences et des Arts, 1922; 1 fasc. 23^cm. (Présenté par M. L. Delaunay.)

Les oscillations océaniques et les oscillations climatiques dans le passé et dans le présent. Le rythme de contraction du Soleil, par A. Souleyre. Bône, Émile Thomas, 1923; 1 vol. 25^cm. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

Flore paléozoïque de la série d'Angara. Atlas de 63 planches avec un portrait de M. *Ch.-R. Zeiller*, par M. D. Zalessky. Petrograd, *Mémoires du Comité géologique*, nouvelle série, livraison 174, 1918; 1 vol. 33^cm. (Présenté par M. H. Douvillé.)

Filosofia Medica, par Leaute. Sans lieu, 1922; 1 vol. 17^cm.

Einstein e la commedia della relatività, par G. Casazza. Milano, Bietti, 1923; 1 vol. 18^cm,5.

Expenditures of the Sino-Japanese war, par Güchi Ono. New-York, Oxford University Press, 1922; 1 vol. 25^cm.

War and armament expenditures of Japan, par Güchi Ono. New-York, Oxford University Press, 1922; 1 vol. 25^cm.

ERRATA.

—

Séance du 23 avril 1923.)

Note de M. *M.-E. Denaeyer*, Les rochers de l'Adrar des Iforass et de 'Ahaggar :

Page 1164, ligne 9, *au lieu de* forme d'épanchement de celle, *lire* forme d'épanchement semblable à celle; ligne 17, *au lieu de* amphibole à In Zize, *lire* amphiboles sodiques à In Zize.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 28 MAI 1923.

PRÉSIDENCE DE M. ALBIN HALLER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. Chodat, Correspondant pour la Section de Botanique, à M. de Toni, professeur de Botanique à l'Université de Modène, et à MM. les membres de la *Mission danoise du Hoggar :* M. Olufsen, chef de mission; MM. Storgaard, Bourcart, Kayser et Gram, qui assistent à la séance.

THERMOCHIMIE. — *Principe d'une méthode générale pour déterminer la capacité calorifique des solides et des liquides. Application à la détermination de la valeur en eau des bombes calorimétriques.* Note [1] de MM. **Charles Moureu, Charles Dufraisse** et **Ph. Landrieu**.

Les déterminations les plus précises de la valeur en eau d'un corps solide ont été faites, jusqu'à présent, sur les bombes calorimétriques, par une méthode électrique fondée sur le principe suivant :

On développe dans le calorimètre, au moyen d'une résistance traversée par un courant, une quantité de chaleur que l'on peut calculer en mesurant avec précision les grandeurs qui définissent le courant (force électromotrice et résistance, ou bien force électromotrice et intensité) et le temps durant lequel passe ce courant. On note, d'autre part, l'élévation de température du thermomètre calorimétrique, et l'on en déduit la valeur cherchée.

C'est par ce procédé que fut étalonnée par W. Jäger et H. von Stein-

---

(1) Séance du 22 mai 1923.

wehr (¹), en 1903, la bombe qui servit à E. Fischer et Wrede (²) à faire la détermination d'une série de chaleurs de combustion.

Plus récemment, en 1914, Dickinson (³), de l'American Bureau of Standards, a également utilisé cette méthode pour déterminer la valeur en eau de la bombe avec laquelle il a fixé la chaleur de combustion des corps pouvant servir d'étalons calorimétriques.

La méthode électrique est actuellement la seule qui ait donné, avec une grande précision, la capacité calorifique d'un solide, en particulier d'une bombe calorimétrique; elle a néanmoins l'inconvénient d'exiger, d'une part, des mesures électriques très précises en valeur absolue, opération toujours délicate, et, d'autre part, de donner cette capacité calorifique non pas directement en calories, mais en unités électriques, *en joules*.

Pour avoir le résultat en calories il faut recourir à l'équivalent mécanique de la chaleur, et la précision de la méthode s'en trouve diminuée. Quelle que soit la précision des mesures calorimétriques ou thermométriques, le résultat, exprimé en calories, est affecté d'une erreur, qui ne peut être inférieure à celle qui affecte l'équivalent mécanique de la chaleur lui-même.

Nous avons cru pouvoir éviter ces inconvénients en mettant en œuvre une méthode nouvelle, qui n'exige aucune mesure électrique pendant le passage du courant, qui élimine toute erreur pouvant provenir de l'inexactitude des thermomètres employés et qui donne le résultat en calories sans qu'on ait à faire intervenir l'équivalent mécanique de la chaleur.

En voici le principe :

On construit deux résistances d'égales valeurs, faites du même métal, ayant même forme, même poids, etc.

L'une de ces résistances est placée dans un calorimètre A où se trouve le solide plongé dans une certaine masse d'eau distillée, l'autre dans un second calorimètre B, contenant une certaine quantité d'eau distillée exactement pesée. Les deux résistances sont montées en série et reliées à une source de courant.

Quelles que soient les variations du courant et quelles que soient les variations de la valeur des résistances avec la température, la même quantité de chaleur se développera dans chacun des calorimètres, si les résistances

---

(¹) Jäger et H. von Steinwehr, *Verh. D. Phys. Gesells.*, 5, 1903, p. 50.
(²) E. Fischer et Wrede, *Berl. Akad. Ber.*, 1904, p. 687.
(³) Dickinson, *Bull. Bur. of Standards*, **11**, 1914, p. 263.

sont égales et si l'élévation de température est la même de part et d'autre. On arrive à obtenir cette même élévation de température en faisant varier la quantité d'eau contenue dans le calorimètre B.

Dans chaque calorimètre est placé un thermomètre, et les deux thermomètres sont étalonnés l'un par rapport à l'autre. Quand on a, après passage du courant pendant un certain temps, la même élévation de température dans les deux calorimètres, la valeur en eau du calorimètre B est égale à la valeur en eau de l'autre calorimètre et de son contenu, eau et solide.

Or la valeur en eau du calorimètre B est connue d'une façon très précise. Elle est donnée par une masse d'eau importante, que l'on peut peser avec une grande précision, et par la valeur en eau de l'enveloppe et de l'agitateur, laquelle est très faible par rapport à la valeur totale.

Les deux calorimètres fonctionnent en quelque sorte comme un appareil de zéro.

Aucune mesure électrique n'est utile. Les mesures thermométriques en valeur absolue ne sont pas nécessaires : il suffit que l'on connaisse exactement les divisions marquées par les deux thermomètres pour une même température, ce qui est donné par leur étalonnage l'un par rapport à l'autre.

Nous nous préoccupons, d'ailleurs, de remplacer le système des deux thermomètres par un appareil différentiel, susceptible de donner une plus grande précision.

Nous faisons remarquer en outre que, lorsqu'on prend pour les deux calorimètres des dispositifs identiques et, en particulier, des enceintes et des agitateurs semblables, on a, dans les deux calorimètres, les mêmes refroidissements pour les mêmes élévations de température. Les erreurs provenant des corrections dues aux échanges de chaleur avec l'extérieur n'entraînent que des erreurs très petites dans le résultat définitif.

Disons cependant qu'en réalité on n'arrive que très rarement à avoir des résistances égales et des élévations de température rigoureusement identiques. Mais les corrections qu'on doit apporter dans ce cas ne correspondent qu'à de petites différences et n'affectent pas la précision de la méthode.

Cette méthode peut d'ailleurs s'appliquer à la détermination de la capacité calorifique des liquides. Il suffit de mettre dans le calorimètre le liquide à étudier et de chercher à obtenir, en faisant varier la masse d'eau dans le calorimètre B, la même élévation de température dans les deux thermomètres.

Des expériences sont en cours pour la détermination, par cette méthode, de la valeur en eau de deux types nouveaux de bombes calorimétriques.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur un hydrate d'iode.* Note de M. **P. Villard.**

Une Note récente de M. Bouzat[1] a, de nouveau, appelé l'attention sur cette classe particulière de corps qu'on désigne sous le nom d'hydrates de gaz.

Je crois utile de faire connaître, à cette occasion, l'existence d'un composé de ce genre que j'ai obtenu en 1897, mais dont l'étude est demeurée en suspens; il s'agit de l'hydrate d'iode, sans doute analogue aux hydrates de chlore et de brome.

J'ai préparé ce corps par la méthode générale que j'ai décrite à cette époque[2] : je rappelle en quoi elle consiste :

Nombre de corps, susceptibles de former avec l'eau des combinaisons cristallisées dissociables, n'ont qu'une tension de vapeur inférieure à la tension de dissociation que possède, même à zéro, l'hydrate qu'ils pourraient donner; si, par refroidissement, on réussit à obtenir des cristaux, ceux-ci fondent vers zéro, et il est presque impossible de les distinguer de la glace avec laquelle ils sont mélangés.

La difficulté peut être tournée en faisant intervenir, sous pression, un gaz tel que l'oxygène, l'azote, ou même l'hydrogène. Pour tous les hydrates de gaz ou de corps volatils, cette intervention élève facilement de plusieurs degrés la température à laquelle ils cessent de pouvoir exister dans les conditions ordinaires, parce que leur tension de dissociation devient égale à la tension maxima de vapeur du corps combiné à l'eau.

Ce fait paraît intimement lié à la propriété que possèdent les gaz de dissoudre, dès la température ordinaire, une foule de corps, même très médiocrement volatils, la quantité de matière dissoute croissant, toutes choses égales d'ailleurs, avec la pression, et dépendant en même temps, pour un corps donné, d'un coefficient propre à chaque gaz. Par exemple l'éthylène, au-dessus de son point critique, dissout aisément le camphre (qui fond avant de prendre l'état gazeux), l'iode, la paraffine, la stéarine, et ces corps se précipitent par décompression. Le formène est moins actif : cependant, à 400^{atm}, vers $+15°$, il dissout assez de paraffine pour donner une pluie de paillettes brillantes quand on diminue la pression.

L'oxygène, l'azote et surtout l'hydrogène sont de moins bons dissol-

---

(1) *Comptes rendus*, t. **176**, 1923, p. 253.

(2) *Annales de Chimie et de Physique*, 7e série, t. **11**, 1897, p. 289.

vants; néanmoins la solubilité de l'iode et du brome s'y manifeste facilement par la forte coloration qu'ils communiquent au gaz comprimé ([1]).

Supposons maintenant qu'on ait préparé, par exemple, de l'hydrate de brome : en présence des seuls produits de sa décomposition ce corps ne peut être conservé au-dessus de $+6^{\circ}$, température à laquelle la tension de dissociation est égale à la tension maxima du brome. Or, dans l'hydrogène à 200^{atm}, on peut voir des cristaux se former jusqu'à $+9^{\circ}$; dans l'air à 150^{atm} on atteint $+20^{\circ}$.

Il ne semble pas qu'il se soit formé dans ces conditions un hydrate double, analogue aux hydrates sulfhydrés découverts par M. de Forcrand ([2]); l'aspect des cristaux n'est pas en effet modifié par la présence du gaz étranger, leur décomposition ne s'accompagne pas d'un dégagement de bulles gazeuses, et, d'autre part, quand on fait croître progressivement la pression, la température limite d'existence de l'hydrate s'élève sans discontinuité à partir de sa valeur primitive.

Comme il est certain que la présence du gaz comprimé augmente la densité de vapeur du corps combiné à l'eau, du brome dans le cas présent, on peut penser que c'est cet accroissement de densité de la vapeur qui s'oppose à la dissociation de l'hydrate.

C'est en appliquant cette méthode que j'ai obtenu l'hydrate d'iode : l'expérience était faite dans un tube Cailletet, dont l'extrémité supérieure, recourbée et séparée du tube principal par une partie étirée, formait une sorte de réservoir où l'on pouvait mettre, à l'abri du mercure, un peu d'iode introduit par sublimation, et quelques gouttes d'eau. Le tube était alors rempli d'oxygène ou d'azote, et, sa pointe fermée, installé sur la pompe de compression.

L'eau et l'iode étant refroidis vers zéro, et le gaz comprimé à 150^{atm}, une congélation locale au chlorure de méthyle amorçait la réaction dont la continuation était ensuite suivie au-dessus de zéro.

La formation et la disparition de cristaux a pu être facilement observée dans l'azote jusqu'à $+3^{\circ}$ sans qu'il fût nécessaire de dépasser 200^{atm}. Dans l'oxygène, qui est un meilleur dissolvant de l'iode, la même pression permet d'atteindre $+4^{\circ}$, et, sous 330^{atm}, on peut voir de nouveaux cristaux se former à $+8^{\circ}$, la réaction devenant rapide si l'on atteint 350^{atm}.

La couleur de ces cristaux est remarquable : ils sont d'un beau violet

---

([1]) Cf. *Journal de Physique*, 3e série, t. 2, 1897, p. 289.

([2]) *Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. 28, 1883, p. 5.

presque cramoisi, contrastant avec la teinte brune de la dissolution aqueuse d'iode. Dès le début de l'expérience, la glace jaunâtre, donnée par la congélation locale d'amorçage, change peu à peu de teinte et devient violette. Il est vraisemblable que, dans le composé qui s'est formé, l'iode possède le même état moléculaire qu'à l'état de vapeur.

L'iode peut donc se combiner directement avec l'eau pour donner un composé probablement analogue à ceux qu'on obtient avec le chlore ou le brome. Cette conclusion subsisterait même s'il était démontré que l'oxygène ou l'azote interviennent dans la combinaison. On sait en effet, par les travaux de M. de Forcrand, avec quelle facilité les hydrates de gaz se combinent entre eux : ce serait un hydrate double qui se serait formé, et l'existence d'un hydrate d'iode n'en demeurerait pas moins établie, au moins à l'état de combinaison.

L'intérêt que présente ce composé réside surtout dans le fait que l'iode est beaucoup moins volatil que les corps avec lesquels on a obtenu jusqu'à présent ces combinaisons particulières, plutôt physico-chimiques que chimiques, qu'on appelle les hydrates de gaz. Etant donné, comme le fait justement remarquer M. Bouzat, que la fonction chimique ne semble pas intervenir, et que les corps les plus différents, iode, sulfure de carbone, protoxyde d'azote, argon, etc., peuvent donner, avec l'eau, des combinaisons cristallisées dissociables toutes semblables, on peut espérer que, sous des pressions suffisamment fortes, on réussira à combiner avec l'eau des corps beaucoup moins volatils encore que l'iode, la paraffine par exemple, qui est soluble dans les gaz comprimés, peut-être même le mercure.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Extrait d'une Note de M.* Astbury, par M. **Wallerant.**

M. Bragg, le savant physicien anglais, a présenté à la Société royale de Londres un Mémoire de M. Astbury sur la structure de l'acide tartrique et voulant s'associer aux hommages rendus à la mémoire de Pasteur, il nous a envoyé une copie de ce Mémoire en y joignant un modèle en bois destiné à illustrer cette structure.

M. Astbury, se servant de la méthode de M. Bragg, basée sur l'emploi des rayons X, a pu déterminer la structure de l'acide tartrique et par suite celle de sa molécule. Voici en quelques mots la partie de ce Mémoire ayant trait à la molécule :

En 1860, dans une leçon professée à la Société chimique, Pasteur disait : « Les atomes de l'acide droit sont-ils groupés suivant les spires d'une hélice dextrorsum, ou placés aux sommets d'un tétraèdre irrégulier, ou disposés suivant tel ou tel assemblage dissymétrique déterminé? Nous ne saurions répondre à ces questions. Mais ce qui ne peut être l'objet d'un doute, c'est qu'il y a groupement des atomes suivant un ordre dissymétrique à image non superposable. Ce qui n'est pas moins certain c'est que les atomes de l'acide gauche réalisent précisément le groupement dissymétrique inverse de celui-ci. »

Ces vues prophétiques, dit M. Astbury, se sont complètement réalisées : les quatre atomes de carbone qui forment le noyau de la molécule de l'acide tartrique occupent les sommets d'un tétraèdre irrégulier et la molécule elle-même est complètement dépourvue de symétrie. Si le cristal possède un axe binaire, cela provient de ce que deux molécules sont orientées à 180° l'une de l'autre autour de l'axe binaire du réseau présidant à leur répartition.

Bien plus, la molécule présenterait un arrangement asymétrique des hydroxyles, susceptible de déterminer une rotation différente par la valeur et par le sens de celle occasionnée par les atomes de carbone. Cette structure permettrait d'expliquer les anomalies du pouvoir rotatoire de l'acide tartrique.

Il est vrai que l'analyse par les rayons X ne permet pas de mettre en évidence les différences entre l'acide tartrique droit et l'acide tartrique gauche, mais l'examen de l'acide racémique vient confirmer les résultats relatifs à l'acide droit.

Les vues théoriques de Pasteur se trouvent donc expérimentalement établies.

GÉOLOGIE. — *Les glaciations des vallées pyrénéennes françaises et leurs relations avec les terrasses fluviales.* Note (1) de M. **Charles Depéret.**

Dans une série de travaux antérieurs (2) j'ai montré que dans les vallées alpines et notamment dans celle du Rhône, les moraines terminales de chacune des trois grandes glaciations quaternaires donnaient naissance à des terrasses de graviers dont l'altitude au-dessus des thalwegs actuels

(1) Séance du 22 mai 1923.

(2) *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 532 et 564; t. 168, 1919, p. 868; *Notice de la feuille géologique de Lyon*, 1923.

demeurait constante pour chaque glaciation. Ainsi les moraines externes ou *Mindéliennes* se prolongent par une terrasse de 55^m-60^m; les moraines moyennes ou *Rissiennes* par une terrasse de 30^m-35^m; les moraines externes ou *Würmiennes* par une basse terrasse de 18^m-20^m.

Dans le but de vérifier si cette même relation se retrouvait dans des vallées dépendant non plus de la Méditerranée, mais de l'Atlantique, et devenait ainsi une véritable *loi générale*, j'ai étudié les terminaisons frontales des principaux glaciers des Pyrénées françaises : Ariège, Garonne, Neste, Gave de Pau, Gave d'Ossau; j'exposerai ici d'une manière sommaire les résultats de mes observations.

Les anciens glaciers des Pyrénées ont donné lieu à de nombreux travaux, dont les plus récents sont ceux de Penck, Boule, Obermaier, L. Bertrand et Mengaud. Plusieurs de ces géologues ont tenté de distinguer *deux périodes glaciaires;* mais aucun n'a étudié avec une précision suffisante les relations des moraines frontales avec l'altitude relative des terrasses qui en émanent. A ce point de vue la question pouvait être regardée comme à peu près entièrement nouvelle.

1° *Vallée de l'Ariège.* — Les relations des fronts morainiques avec les terrasses fluvio-glaciaires s'observent dans cette vallée d'une façon vraiment schématique.

L'Ariège a été envahie jusqu'à 10^{km} en amont de Foix par les langues terminales peu épaisses de *trois* glaciations quaternaires. L. Bertrand et Mengaud (*Notice de la feuille de Foix*, 1912) y ont reconnu *deux* périodes glaciaires se raccordant à deux terrasses notées a^{1a} et a^{1b}. J'ai repris cette étude et constaté entre Foix et Tarascon la présence non de deux, mais de trois systèmes de moraines frontales, se prolongeant par des terrasses distinctes, aux altitudes relatives de 55^m, 29^m et 18^m au-dessus de la rivière.

En amont de Foix, sur la rive droite, la haute terrasse se maintient exactement à 55^m au-dessus de l'Ariège jusqu'à la gare de Saint-Paul; là elle se relève en un *cône de transition* à forte pente se raccordant à 700^m avant le village de Garrabet à une belle moraine frontale barrant la vallée, et dont le sommet, qui porte le village, forme trois vallums parallèles : c'est la *moraine terminale mindélienne* qui, vue de l'amont tombe en un bel escarpement subvertical dans une *dépression centrale* profonde. Celle-ci est remblayée par les graviers d'une nouvelle terrasse dont l'altitude est de 29^m au-dessus de l'Ariège. L'écoulement du cours d'eau glaciaire se faisait par une cluse étroite qui recoupe la moraine mindélienne et par laquelle passe encore l'Ariège actuelle.

A son tour la terrasse de 29^m, bien développée sur la rive droite, se poursuit en amont sur 3^{km} et se raccorde à un deuxième amphithéâtre morainique qui se montre des deux côtés de l'Ariège à hauteur du village de Bonpas, spécialement sous les maisons de ce village. Il s'agit, à n'en pas douter, de la *moraine frontale rissienne*.

Plus en amont encore on observe, cette fois sur la rive gauche, une terrasse plus basse, atteignant environ 18^m; on la suit sur 1^{km} de longueur et on la voit se relier à son tour à un relief morainique peu élevé, mais bien net, situé au point où la vallée tourne pour entrer dans le large bassin de Tarascon. C'est la *moraine frontale würmienne* dont le bassin de Tarascon constitue la dépression centrale, où ne se montrent plus que de petites terrasses d'alluvion très basses. Dans toutes les vallées qui convergent vers cette cuvette, on observe des placages de boue glaciaire qui sont ou des moraines de fond würmiennes ou des moraines stadiaires du recul de ce glacier.

2° *Vallée de la Garonne*. — Les glaciers quaternaires ont eu dans cette grande vallée un développement considérable sans que les moraines les plus avancées aient dépassé cependant le débouché du fleuve dans la plaine sous-pyrénéenne, en face de Montréjeau.

Divers observateurs, Charpentier, Durocher, Zirkel, Piette, Penck, Boule, etc., ont décrit la belle moraine de Labroquère, au SE de Montréjeau comme un amphithéâtre terminal du glacier de la Garonne. Cependant cette moraine ne barre pas en ce point la vallée du fleuve lui-même, mais seulement la dépression de Bazert qui suit la ligne ferrée de Luchon et représente un bras latéral de droite du glacier de la Garonne. Mais j'ai observé que cette moraine de Labroquère se prolonge vers l'Ouest par un énorme rempart morainique qui passe derrière la montagne crétacée de Seilhan et traverse ensuite la Garonne, où on en retrouve encore un beau lambeau sur la rive gauche à hauteur de Saint-Martin.

Au niveau de la dépression de Bazert on ne voit pas, contrairement à ce qui a été écrit, le rattachement de la moraine à la basse terrasse de la gare de Montréjeau et de Huos, dont elle est séparée par des alluvions beaucoup plus récentes. J'ai pu, par contre, observer nettement à la traversée de la Garonne sa liaison graduelle par un beau cône de transition avec la basse terrasse de 20^m qui forme sur la rive droite du fleuve un beau lambeau de plus de 2^{km} de longueur. Ainsi se trouve démontré définitivement l'âge *würmien* de la moraine de Labroquère-Saint-Martin, dont la fraîcheur est d'ailleurs très remarquable.

En suivant la Garonne en aval de cette moraine, on traverse, sur environ 5^km jusqu'au débouché du fleuve dans la plaine, *un pays de vieilles moraines* altérées et *ferrétisées*, montrant cinq vallums successifs dont le plus externe forme la colline de Bégorre au débouché du fleuve en face de Mazères. Il n'est pas possible en ce point de déterminer l'âge précis, *rissien* ou *mindélien*, de cet ensemble de vieilles moraines, par la raison que la basse terrasse würmienne de la basse Neste est venue ronger la base de la moraine terminale de Bégorre et la détacher de tout contact avec des terrasses plus élevées. Heureusement, cette démonstration peut être faite un peu plus à l'Ouest : déjà le plateau de Gargas répond à la surface un peu ondulée du cône de transition d'un bras latéral du glacier de la Garonne et passe graduellement à une terrasse véritable qui domine la Neste de 60^m. Mais l'observation est encore plus nette au village de Lombrès où la moraine de fond qui remblaie la dépression du vallon du Nistos se termine par une belle moraine frontale qui surplombe le village. La moraine s'abaisse ensuite par un cône de transition très régulier jusqu'à un beau lambeau de terrasse de 60^m qui porte Lombrès et s'étend à l'Ouest jusqu'au château de Montégut. D'autres lambeaux de cette même terrasse se retrouvent à Nestier et plus loin vers l'Ouest.

Cette liaison du front morainique externe de la Garonne avec la terrasse de 55^m-60^m avait échappé jusqu'ici aux observateurs parce que les faibles lambeaux de cette terrasse, encore accrochés à la moraine, sont malheureusement séparés aujourd'hui par le cours Ouest-Est de la basse Neste d'avec la terrasse continue de 55^m-60^m qui s'étend sur la rive gauche jusqu'à Montréjeau et bien au delà.

Ainsi, les moraines les plus externes de la Garonne et des vallons parallèles situés à l'Ouest, réunies sans doute en un front glaciaire continu, doivent être rapportées à la *glaciation mindélienne*. Il me paraît plus que probable que la *glaciation rissienne* doit être aussi représentée par quelques-uns des vallums intermédiaires que j'ai signalés plus haut sur le cours de la Garonne; mais la preuve directe ne peut être faite, faute de raccordement avec une terrasse de 30^m.

3° *Vallée de la Neste ou vallée d'Aure.* — Cette vallée, affluent de gauche de la Garonne, a été envahie jusqu'à Hèches par un glacier étroit et peu épais, analogue au glacier de l'Ariège.

Dans la basse Neste, on observe nettement les trois terrasses de 20^m, de 30^m (beau lambeau au nord d'Ancres) et de 55^m-60^m, répondant aux trois glaciations classiques.

La *terrasse mindélienne* est bien visible au village d'Hèches, sous l'église, où elle domine la rivière de 57^m. A 1600^m au sud d'Hèches, un peu avant l'usine électrique, apparaît le paysage morainique ondulé, aboutissant à un vallum transverse, à surface altérée et rempli de gros blocs erratiques. Le rattachement de la terrasse d'Hèches à cette moraine frontale est des plus évidents; en arrière se montre une dépression centrale bien accusée.

Plus en amont dans la vallée, je n'ai plus observé que des placages de boue glaciaire sur ses deux flancs, notamment aux environs d'Arreau; leur âge ne saurait être déterminé. Il est vraisemblable que les moraines frontales rissiennes et würmiennes ont été emportées en entier par les érosions récentes du torrent.

4° *Vallée du Gave de Pau.* — Lourdes est dans le fond d'une dépression centrale, bordée au Nord par un *magnifique amphithéâtre glaciaire* décrit par tous les auteurs. Barré par cette énorme moraine frontale qu'il n'a pu franchir, le Gave de Pau s'est détourné à l'Ouest par une cluse récente à travers le Crétacé. Mais, à l'époque glaciaire, les torrents de fonte trouvaient leur écoulement direct vers le Nord par deux dépressions transformées aujourd'hui en *vallées sèches :* au Nord-Est la vallée d'Ossun qui aboutit à Tarbes et à l'Adour; au Nord-Ouest la vallée de Pontacq qui rejoint à Pau la vallée du Gave. Cette dernière *nappe de comblement* est la plus intéressante : après un trajet de plus de 30^{km}, elle vient constituer la haute et célèbre terrasse qui porte la ville de Pau et domine abruptement le Gave d'environ 55^m. Cette observation précieuse et tout à fait nouvelle démontre sans conteste l'âge *mindélien* de la haute moraine de Lourdes, confirmé du reste par l'état de *ferrétisation* avancé de sa surface.

En amont de Lourdes, on n'observe plus dans le fond de la vallée du Gave jusqu'au delà d'Argelès-Gazost d'autres traces glaciaires qu'une profusion de gros blocs erratiques de granite, provenant des hautes chaînes. Comme dans la Neste, les moraines rissiennes et würmiennes paraissent avoir été emportées par les érosions divagantes du Gave.

5° *Vallée du Gave d'Ossau.* — Cette branche droite du Gave d'Oloron a conservé intacts de magnifiques appareils glaciaires. A hauteur de la gare de Buzy, on observe deux gros bourrelets morainiques rapprochés, le plus externe barrant seulement la moitié nord de la vallée, le plus interne formant un énorme barrage transverse complet. Comme le Gave de Pau à Lourdes, le Gave d'Ossau n'a pu recouper ce barrage et abandonnant la vallée glaciaire s'est creusé plus au Sud une cluse étroite et sinueuse à travers le Cénomanien jusqu'à Oloron.

Les deux moraines frontales de Buzy ont des relations d'une clarté parfaite avec les terrasses de l'ancienne vallée fluvio-glaciaire. La moraine externe se raccorde avec la haute terrasse (a^{1a} de la feuille de Mauléon) qui se montre des deux côtés de la vallée et atteint à Oloron une soixantaine de mètres au-dessus du Gave actuel. De même la moraine interne se fond régulièrement dans une terrasse plus basse (a^{1b} de la carte) qui a enlevé la moitié sud de la moraine externe et qui s'emboîte dans la haute terrasse a^{1a}; son altitude à Oloron sur le bord du Gave est de 35^{m}.

Nous avons donc la preuve, par le raccordement avec les terrasses de 60^{m} et de 35^{m}, de l'âge *mindélien* de la moraine externe et de l'âge *rissien* de la moraine interne de la région de Buzy. Quant à la glaciation *würmienne*, je n'ai pas eu le temps de la rechercher plus en amont, mais il me semble naturel d'y rattacher le bourrelet morainique d'Arudy qui barre la vallée à 4^{km} en amont de la moraine rissienne.

Conclusions. — En résumé, j'ai observé dans les vallées pyrénéennes françaises l'existence incontestable de trois glaciations quaternaires identiques à celles des vallées alpines : une glaciation externe *mindélienne*, une glaciation moyenne *rissienne*, et une glaciation interne *würmienne*. Comme pour les Alpes, les appareils frontaux de chacune de ces périodes glaciaires sont caractérisées par leur raccordement respectif avec des terrasses de 55^{m}-60^{m}, de 29^{m}-35^{m} et de 18^{m}-20^{m}.

La glaciation mindélienne est la plus constante (Ariège, Garonne, Neste, Gave de Pau, Gave d'Ossau); son extension extrême n'atteint le débouché des vallées que pour la Garonne et le Gave de Pau. La glaciation rissienne n'a été observée nettement que dans l'Ariège et le Gave d'Ossau; elle est plus que probable dans la Garonne. Enfin la glaciation würmienne existe dans l'Ariège, la Garonne et probablement le Gave d'Ossau. Les appareils frontaux de ces deux dernières glaciations ainsi que leurs terrasses ont dû être emportés dans les autres vallées par les divagations torrentielles des cours d'eau.

Il y a donc identité complète entre les Alpes et les Pyrénées pour le nombre et les époques d'extension des glaciers quaternaires, ainsi que pour leur loi de raccordement avec les terrasses d'alluvions. La seule différence importante est que les glaciers des Alpes se sont étalés au loin dans les plaines, alors qu'ils ont à peine atteint dans les Pyrénées le débouché des grandes vallées montagneuses.

ÉLECTIONS.

Par 38 voix contre 5 à M. *Louis Barbillion* et 4 à M. *Louis Roy*, M. **Henri Villat** est élu Correspondant pour la Section de Mécanique, en remplacement de M. *E. Ariès*, décédé.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats au poste de directeur de l'Observatoire de Marseille, vacant par le décès de M. *H. Bourget*.

(Renvoi à la Division des Sciences mathématiques.)

M. **Justin Jolly** adresse un rapport sur l'emploi qu'il a fait de la subvention qui lui a été accordée sur la *fondation Loutreuil* en 1920.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Louis Maillard. *Quand la lumière fut...* Tome second : *Les cosmogonies modernes*.

2° *La conservation par le froid des denrées périssables*, par A. Monvoisin. Préface de A. Barrier. (Présenté par M. Lindet.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions uniformes de deux variables indépendantes définies par l'inversion d'un système algébrique aux différentielles totales du quatrième ordre.* Note de M. **René Garnier.**

Dans cette Note, nous résumerons rapidement les étapes principales de la résolution du problème indiqué dans notre Note précédente [1].

1. Appelons *lignes singulières* de u les courbes de la surface F le long

[1] *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1363.

desquelles $\operatorname{Log}\frac{\partial u}{\partial x}$ et $\operatorname{Log}\frac{\partial u}{\partial y}$ deviennent infinis; nous établissons les propositions suivantes :

I. *Le genre d'une ligne singulière ne peut dépasser l'unité.*

II. *Si* $\frac{D(u, v)}{D(x, y)}$ *s'annule le long d'une courbe* C, C *est une ligne singulière.*

III. *Le genre géométrique de la surface* F *ne peut dépasser l'unité.*

Précédemment, M. Émile Picard avait établi que si les coordonnées d'un point d'une surface algébrique sont des fonctions uniformes de u et v admettant un groupe G de substitutions $(u, v | au + b, cv + d)$, et si le domaine fondamental de G est tout entier à distance finie, sans singularités essentielles sur la surface, le genre géométrique de F est $\leqq 1$. Mais nous avons déjà observé que dans le problème actuel, tel qu'il a été posé au n° 1 de la Note précédente, les solutions peuvent présenter des lignes singulières essentielles à distance finie; pour pouvoir être adaptée au théorème III, la démonstration de M. Picard exigeait donc un complément entièrement nouveau.

Le théorème III, d'une grande importance pour l'énumération des surfaces F, peut être complété (pour $p_g = 1$) par les énoncés suivants :

IV. *Si* F *possède une courbe canonique effective* K, *cette courbe* (ou chacune de ses composantes, si elle est réductible) *est de genre* $\leqq 1$.

V. *Si* $p_g = 1$, u *et* v *doivent être des expressions de première espèce* (1).

2. Ceci posé, nous supposerons d'abord F *irrégulière;* pour $p_g = 1$, les seuls cas possibles seront $p_a = 0$ et $p_a = -1$.

1° $p_g = 1$, $p_a = 0$. En nous appuyant sur une proposition de M. Enriques et sur une construction féconde de M. G. Humbert, nous établissons que, même si K est réductible, *le genre linéaire* $p^{(1)}$ *de* F *est égal à* 1; F possède un faisceau de courbes elliptiques C, de module variable. Dès lors, le théorème V permet d'établir que u et v devraient rester constants le long d'une courbe C, ce qui est absurde.

2° $p_g = 1$, $p_a = -1$ et F *est une surface hyperelliptique de Picard.* F possède alors un système Σ de courbes C de genre 2, de degré 2, d'indice 2δ (δ, diviseur de F); et sur une courbe C, u et v doivent être des expressions de première espèce. Dès lors, si dans les intégrales I et J, entrant en exposants dans du et dv figure une intégrale de troisième espèce irréductible à une combinaison logarithmique, *cette intégrale ne peut avoir que deux courbes polaires;* à l'aide des propriétés de Σ et de propositions de M. Severi

(1) Voir *Comptes rendus*, *loc. cit.*, note (2) de la page 1363.

sur la base des courbes algébriques de F, nous montrons que *l'existence de ces courbes est impossible*, puis que toute combinaison logarithmique figure dans I et J avec des *résidus entiers*. Il en résulte que les intégrales x, y, z de notre système doivent coïncider avec l'un des trois systèmes obtenus en remplaçant dans les expressions hyperelliptiques

$$x = f(\mathrm{U}, \mathrm{V}), \qquad y = g(\mathrm{U}, \mathrm{V}), \qquad z = h(\mathrm{U}, \mathrm{V})$$

des coordonnées d'un point de F les arguments hyperelliptiques U et V par l'une des combinaisons

$$\begin{cases} \mathrm{U} = \lambda \operatorname{Log}(\mathrm{A}u + \mathrm{B}), \\ \mathrm{V} = \mu \operatorname{Log}(\mathrm{C}u + \mathrm{D}); \end{cases} \qquad \begin{cases} \mathrm{U} = \lambda \operatorname{Log}(\mathrm{A}u + \mathrm{B}), \\ \mathrm{V} = \mathrm{C}v + \mathrm{D}; \end{cases} \qquad \begin{cases} \mathrm{U} = \mathrm{A}u + \mathrm{B}, \\ \mathrm{V} = \mathrm{C}v + \mathrm{D} \end{cases}$$

(A, B, C, D constantes arbitraires; λ, μ constantes numériques convenablement choisies).

3. Il nous paraît intéressant de signaler que *les propriétés arithmétiques des surfaces hyperelliptiques*, qui influent pourtant sur l'invariant ρ, *n'interviennent pas dans la démonstration;* on verra que les circonstances sont exactement opposées dans le cas des surfaces elliptiques de genre 0.

4. 3° $p_g = 1$, $p_a = -1$, et F est une surface *elliptique*, possédant un faisceau elliptique de courbes C, de genre > 1. L'existence sur F d'un groupe de transformations birationnelles ∞^1 et l'application du théorème V permettent de montrer que *le cas est inadmissible.*

5. 4° $p_g = 0$, $p_a < -1$: d'après le théorème I le cas est impossible.

6. 5° F *est un cylindre elliptique*, $x = \wp(\mathrm{U} \mid \omega, \omega')$, $y = \wp'(\mathrm{U} \mid \omega, \omega')$. Nous montrons qu'on peut écrire, par exemple,

$$du = \mathrm{WZ}[\mathrm{A}(z; \mathrm{U})\, dx + \mathrm{B}(z; \mathrm{U})\, dz]$$

avec

$$\operatorname{Log} \mathrm{W} = \alpha \mathrm{U} + \int \varphi(\mathrm{U})\, d\mathrm{U}, \qquad \mathrm{Z} = \prod_{j=1}^{\mathrm{N}} [z - a_j(\mathrm{U})]^{h_j};$$

A et B sont des polynomes en z; leurs coefficients ainsi que $\varphi(\mathrm{U})$, $a_j(\mathrm{U})$ sont elliptiques en U, et avec des périodes déduites de ω et ω' par une *transformation* d'ordre convenable. On peut *réduire du* de manière à vérifier $h_j = -1$ ou $\mathcal{R}(h_j) > -1$ et ramener à $\mathrm{N} - 1$ et $\mathrm{N} - 2$ les degrés de A et B. Cela étant, si Log W et l'expression analogue pour dv ne se réduisent pas à des combinaisons logarithmiques (à résidus rationnels), on peut supposer que les $a_j(\mathrm{U})$ sont constants; *et le système différentiel doit se*

ramener à l'un des suivants :

$$\begin{cases} Au + B = e^{\alpha U + \gamma \int \theta(U)\,dU} z^{\gamma}, \\ Cv + D = e^{\beta U + \delta \int \theta(U)\,dU} z^{\delta}; \end{cases} \qquad \begin{cases} Au + B = e^{\alpha U} Z^{\alpha} z^{\gamma}, \\ Cv + D = e^{\beta U} Z^{\beta} z^{\upsilon} \end{cases}$$

[$\theta(U)$, fonction elliptique; $Z = \Pi(z - c_j)^{k_j}$]. Si Log W ne vérifie pas la condition précédente, nous établissons l'existence d'*une transformation rationnelle qui ramène le problème à un problème du deuxième ordre*, A_2, *de notre Note précédente* [1]. On obtient ainsi des types de réduction bien définis, tels que le suivant :

$$du = e^{-\int d \log y} dx \quad \left(\text{ou } e^{\alpha \int \frac{dx}{y}} \frac{dx}{y}\right), \qquad dv = e^{-\int d \log f(z)} dz,$$

$z' = f(z)$ étant une équation de Briot et Bouquet.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les méthodes d'intégration des équations partielles.* Note de M. **N. Saltykow**, présentée par M. P. Appell.

La Note de M. G.-V. Pfeiffer [2] et la remarque que M. Appell [3] a bien voulu faire par rapport à cette dernière, me suggèrent quelques additions pour les compléter.

Les équations différentielles auxiliaires dont il s'agit dans la Note citée deviennent, précisément, celles des caractéristiques pour le cas des équations partielles du premier ordre d'une seule fonction inconnue.

Dans mes conférences de Belgique j'ai exposé une méthode générale de formation des équations différentielles des caractéristiques sous diverses formes. On les met aisément, soit sous la forme d'équations différentielles ordinaires ou totales, soit sous la forme d'équations linéaires partielles à une fonction ou bien à plusieurs fonctions inconnues. Il est important de noter, encore, que l'on obtient immédiatement les équations de toutes les formes citées, en généralisant les idées dont s'est servi d'Alembert [4] pour résoudre le problème de la corde vibrante. C'est ainsi que les méthodes d'intégration de Lagrange, Charpit et Jacobi résultent, comme cas particu-

---

(1) Voir *Comptes rendus, loc. cit.*, p. 1364.

(2) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 62.

(3) *Ibid.*, p. 64.

(4) N. Saltykow, *Bulletin de la Classe des Sciences de l'Académie Royale de Belgique*, séance du 4 novembre 1922, p. 595 et suiv.

liers, d'une seule théorie générale. Les considérations énoncées se rapportent également à une seule équation, ainsi qu'à un système d'équations simultanées le plus général.

J'ai surtout insisté sur les équations différentielles des caractéristiques représentées par un système d'équations linéaires à plusieurs fonctions inconnues d'une forme spéciale, que j'avais étudié depuis 1897 (1). Leur intégration revient à celle d'un système jacobien. J'ai repris ensuite la théorie des équations en question au Chapitre III de mon travail (2).

Quant à l'application de cette dernière théorie aux équations partielles considérées, elle se trouve développée dans plusieurs de mes Mémoires (3).

La théorie en question présente l'avantage de conduire d'une manière élémentaire à la solution de deux problèmes fondamentaux concernant les équations partielles.

Il résulte, en premier lieu, une méthode d'intégration pour la résolution du problème de S. Lie, complètement émancipée de la théorie des groupes fonctionnels et déroulant des propriétés élémentaires des intégrales d'équations linéaires. On réalise, par conséquent, un progrès considérable dans la théorie considérée, comme je viens de le démontrer dans mes conférences de Belgique.

Les mêmes équations linéaires à plusieurs fonctions inconnues de la forme spéciale, mentionnée plus haut, m'ont conduit encore à l'élucidation complète de la théorie des intégrales de S. Lie, dont parle aussi M. Pfeiffer.

En effet, j'avais donné en 1908 la forme générale des équations partielles admettant une intégrale de S. Lie, dans mon rapport au IVe Congrès international des Mathématiciens à Rome (4). Les équations en question sont précisément celles qui admettent la séparation des variables, comme le dit M. Pfeiffer et comme je l'avais démontré, en 1905, dans mon travail cité : *Recherches sur la théorie...*, p. 109.

La seconde assertion de M. Pfeiffer affirme que l'intégration des équations admettant les intégrales de S. Lie revient à celle d'équations linéaires. Cette

(1) *Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 5e série, t. 3, p. 423.

(2) *Recherches sur la théorie des équations aux dérivées partielles du premier ordre d'une fonction inconnue*, Kharkow, 1905, p. 68.

(3) *Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 5e série, t. 5, 1899, p. 435; *Bulletin de l'Académie des Sciences de Petrograd*, 1911, p. 563; *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 364.

(4) *Atti del IV Congresso internazionale dei Matematici*, vol. 2, Roma 1909, p. 77.

conclusion est, de même, une conséquence immédiate des formules données, sous une forme concrète, dans mon rapport cité de Rome [voir les formules (17), (19)].

Donc, il est aisé d'introduire au lieu des considérations abstraites, sur les variétés linéaires de M. Pfeiffer, des formules bien déterminées. Ces dernières définissent nettement la structure des équations linéaires déterminant les intégrales de S. Lie d'une classe quelconque bien déterminée, pour toutes les équations partielles qui les possèdent.

« La méthode spéciale d'intégration » dont parle M. Pfeiffer, étant esquissée d'une manière trop succincte, suggère néanmoins, par cela même peut-être, des réserves. En effet, en appliquant sa méthode à la recherche des intégrales de S. Lie pour l'équation de la forme

$$p_1 + m^2 p_2^2 - n^2 p_3^2 = 0,$$

l'auteur est obligé d'écrire quatre formules très compliquées contenant les dérivées secondes des coefficients.

Cependant il faut noter, en premier lieu, que la dernière équation donnée ne peut admettre qu'une intégrale de S. Lie de la première classe. Secondement, pour que l'équation donnée admette cette dernière intégrale, il faut et il suffit que les coefficients de notre équation ne vérifient qu'une seule condition, n'impliquant que les dérivées du premier ordre des coefficients m et n. Cette dernière condition s'écrit brièvement sous la forme très simple (14) de mon rapport de Rome, φ et ψ y désignant certaines fonctions de m et n.

La condition en question est satisfaite, par exemple pour les valeurs constantes des coefficients m et n de l'équation considérée. Il s'ensuit alors, par le calcul de deux quadratures, fondées sur ma méthode d'intégration, que l'équation donnée, dans cette dernière hypothèse, possède l'intégrale complète de S. Lie requise. Elle est représentée par l'ensemble de deux équations suivantes,

$$z = C_1(x_2 - C_1 m^2 x_1) + C,$$

$$x_3 = \frac{n}{m} x_2 - 2 C_1 m n x_1 + C_2,$$

définissant, comme on le dit, le lieu géométrique (le support) de la multiplicité intégrale de l'équation donnée, C, C_1 et C_2 désignant trois constantes arbitraires.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certains polynomes biorthogonaux.* Note de M. **Angelesco**, présentée par M. Appell.

Le polynome

$$(1) \qquad U_n = x^{-\lambda}\left(1-\frac{x^p}{a^p}\right)^{-\mu} \frac{d^n}{dx^n}\left[x^{n+\lambda}\left(1-\frac{x^p}{a^p}\right)^{n+\mu}\right]$$

est du degré n en x^p et il satisfait aux n égalités

$$(2) \qquad \int_0^a x^\lambda\left(1-\frac{x^p}{a^p}\right)^\mu x^i U_n\,dx = 0 \qquad (i=0, 1, 2, \ldots, n-1),$$

les paramètres λ et μ satisfaisant aux inégalités $\lambda > -1$ et $\mu > -1$.

Le polynome $V_n(x)$, du degré n en x, défini par les n conditions

$$(3) \qquad \int_0^a x^\lambda\left(1-\frac{x^p}{a^p}\right)^\mu x^{ip}\,V_n(x)\,dx = 0 \qquad (i=0, 1, \ldots, n-1),$$

satisfait à la relation de biorthogonalité

$$(4) \qquad \int_0^a x^\lambda\left(1-\frac{x^p}{a^p}\right)^\mu U_m V_n\,dx = 0 \qquad (m \neq n).$$

Pour déterminer explicitement le polynome V_n, faisons, dans l'intégrale (3), le changement $x = y^{\frac{1}{p}}$, on a ainsi

$$(5) \qquad \int_0^{a^p} y^{\frac{\lambda+1}{p}-1}\left(1-\frac{y}{a^p}\right) y^i\, V_n\left(y^{\frac{1}{p}}\right) dy = 0 \qquad (i=0, 1, \ldots, n-1).$$

Supposons, pour un instant, que μ soit un nombre entier positif. On voit alors que l'on satisfait aux conditions (5) en prenant, pour $V_n\left(y^{\frac{1}{p}}\right)$, l'expression

$$y^{1-\frac{\lambda+1}{p}} \frac{d^{n+\mu}}{dy^{n+\mu}}\left[y^{n+\mu+\frac{\lambda+1}{p}-1}\left(1-\frac{y^{\frac{1}{p}}}{a}\right)^n\right]$$

qui est bien un polynome du degré n en $y^{\frac{1}{p}}$. Nous avons donc, dans le cas où μ est un entier positif,

$$(6) \qquad V_n(x) = \sum_{i=0}^{i=n} (-1)^i C_n^i \frac{\Gamma\left(\frac{i+\lambda+1}{p}+n+\mu\right)}{\Gamma\left(\frac{i+\lambda+1}{p}\right)} \left(\frac{x}{a}\right)^i.$$

Mais, sous cette forme, le polynome $V_n(x)$ satisfait, *quel que soit* μ, aux conditions (3); car, en remplaçant $V_n(x)$ par cette valeur dans (3), on trouve une expression en μ qui, étant nulle pour les valeurs entières et positives de μ, doit être identiquement nulle.

Cas limite. — Dans le polynome (1) supposons $\mu = a^p$, et puis faisons croître a indéfiniment. On trouve, en désignant par $\mathfrak{V}_n$ la valeur limite de U_n,

$$\mathfrak{V}_n = x^{-\lambda} e^{x^p} \frac{d^n x^{n+\lambda} e^{-x^p}}{dx^n}. \tag{7}$$

Cherchons, de même, une forme limite du polynome $V_n(x)$ dans le cas $\mu = a^p$ et a infiniment grand. Multiplions, pour cela, les deux membres de (6) par

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{\mu} \mu^{\frac{1}{2} - \frac{\lambda+1}{p} - n - \mu} \tag{8}$$

et faisons ensuite croître a indéfiniment. Nous trouvons, en remplaçant $\Gamma\left(\frac{i+\lambda+1}{p} + n + \mu\right)$ par sa valeur asymptotique donnée par la formule de Stirling,

$$\varphi_n = \sum_{i=0}^{i=n} (-1)^i C_n^i \frac{x^i}{\Gamma\left(\frac{i+\lambda+1}{p}\right)}, \tag{9}$$

φ_n désignant la valeur limite de $V_n(x)$ multiplié par l'expression (8).

La relation (4) nous montre que

$$\int_0^{\infty} x^{\lambda} e^{-x^p} \mathfrak{V}_m \varphi_n \, dx = 0 \qquad (m \neq n).$$

La série de Lagrange nous donne, pour les polynomes (7), la fonction génératrice

$$(1-\alpha)^{-\lambda-1} e^{-\left(\frac{x}{1-\alpha}\right)^p + x^p} = \sum \frac{\alpha^n}{n!} \mathfrak{V}_n \qquad (|\alpha| < 1).$$

L'intégrale

$$I = \frac{1}{(1-\alpha)^{\lambda+1}} \int_0^{\infty} e^{-\left(\frac{\alpha}{1-\alpha}\right)^p} x^{\lambda} \varphi_n \, dx$$

se calcule facilement par le changement $x = (1-\alpha) y^{\frac{1}{p}}$ et l'on trouve

$$I = \frac{\alpha^n}{p}.$$

Nous avons donc, en même temps qu'une vérification de la formule (10),

la valeur de l'intégrale

$$\int_0^\infty x^\lambda e^{-x^p} \mathfrak{V}_n \mathfrak{P}_n \, dx = \frac{n!}{p}.$$

Les $\mathfrak{V}_m$, $\mathfrak{P}_n$ généralisent les polynomes de Kummer auxquels ils se réduisent pour $p = 1$. Dans le cas $p = 2$ et $\lambda = 0$ les polynomes $\mathfrak{V}_n$ ont été considérés par M. P. Humbert dans une Note récente (1). M. Humbert considère ses polynomes comme appartenant, par une de leurs propriétés, à une classe générale de polynome, classe dont je me suis occupé à plusieurs reprises (2).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les suites infinies de fonctions et les fonctions méromorphes à valeur asymptotique.* Note de M. **H. Milloux**, présentée par M. Émile Borel.

1. Soit un domaine connexe limité par deux segments de droite AB et AC, faisant entre eux l'angle $\alpha\pi$, et un arc de courbe de Jordan BC, dont tous les points sont à une distance de A inférieure à R. Soit, d'autre part, $f(z)$ une fonction holomorphe dans ce domaine, continue sur le contour, et dont le module est inférieur à M sur AB et AC, et à m sur l'arc de courbe BC. M. Carleman a démontré qu'en un point ζ de la bissectrice de l'angle A, intérieur au domaine, et situé à une distance r de A, on a l'inégalité

$$|f(\zeta)| < \mathrm{M}^{1-\left(\frac{r}{\mathrm{R}}\right)^{\frac{1}{\alpha}}} m^{\left(\frac{r}{\mathrm{R}}\right)^{\frac{1}{\alpha}}}.$$

J'ai déduit, de ce théorème, la proposition suivante :

I. *Soit* $f_1(x) f_2(x) \dots f_n(x)$ *une suite infinie de fonctions holomorphes dans un domaine connexe borné* D, *et convergeant uniformément, sur un arc de courbe de Jordan* C *intérieur au domaine* D *ou faisant partie de la frontière du domaine, vers une fonction* $f(x)$ *holomorphe dans* D. *On pose*

$$|f(x) - f_n(x)| < m_n$$

sur l'arc de courbe C. *Soit* M_n *la borne supérieure de* $|f(x) - f_n(x)|$ *dans* D. *Si, quelque petit que soit le nombre positif* ε, *l'inégalité* $\mathrm{M}_n < m_n^{-\varepsilon}$ *est vérifiée à partir d'une certaine valeur de* n, *la suite de fonctions considérée converge uniformément dans le domaine ouvert* D.

---

(1) *Sur certains polynomes orthogonaux* (*Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1283).

(2) *Comptes rendus*, t. 162, 1916, p. 121; t. 167, 1918, p. 629, et t. 168, 1919, p. 262.

Dans tout domaine fermé D′ *intérieur au domaine* D, *l'inégalité*

$$|f_n(x)| < m_n^\lambda$$

est vérifiée à partir d'une certaine valeur de n ; λ *ne dépend que des domaines* D *et* D′ *et de l'arc de courbe* C.

Cette proposition généralise un théorème récent de M. Ostrowski [1], dont on obtient l'énoncé en remplaçant, dans l'énoncé précédent, « arc de courbe C » par « domaine intérieur à D ».

2. Dans la proposition précédente, tous les points d'un arc de courbe sont des points de convergence de la suite de fonctions $f_1(x) \ldots f_n(x) \ldots$. Peut-on obtenir une proposition analogue lorsque les points de convergence forment simplement une suite de points complètement intérieure au domaine D? M. Montel considérait un tel résultat comme probable. J'ai démontré le théorème suivant :

II. *Je dirai qu'une suite de points* $x_1 x_2 \ldots x_k \ldots$, *rangés par ordre de modules décroissants, est exponentiellement compacte d'ordre* 2 *autour de son point limite* O *si l'on a*

$$\log\log \frac{|x_k|}{|x_{k+1} - x_k|} = \frac{1}{F(|x_k|)},$$

où $F(u)$ *est une fonction de* u, *du même signe que* u, *tendant vers zéro avec* u, *de même que* $\frac{F(u)}{u}$.

Ceci posé, soit $f_1(x) f_2(x) \ldots f_n(x) \ldots$ *une suite infinie de fonctions holomorphes dans un domaine connexe borné* D, *et convergeant uniformément vers une fonction* $f(x)$, *holomorphe dans* D, *en une suite de points exponentiellement compacte, d'ordre* 2, *autour d'un point intérieur à* D. *En ces points* $|f(x) - f_n(x)| < m_n$. *Soit* M_n *la borne supérieure de* $|f(x) - f_n(x)|$ *dans le domaine* D. *Si l'on a*

$$\log M_n < \frac{1}{4}\left[\log\frac{1}{m_n}\right]^{\frac{1}{2}},$$

la suite de fonctions considérée converge uniformément vers $f(x)$ *dans le domaine ouvert* D.

Dans un domaine fermé D′, *intérieur au domaine* D, *on a l'inégalité*

$$\log|f_n(x) - f(x)| < -\left[\log\frac{1}{m_n}\right]^{1-\varepsilon(m_n)},$$

---

(1) Alekander Ostrowski, *Ueber vollständige Gebiete gleichmässiger Konvergenz von Folgen analytischer Funktionen* (*Abhandlungen aus dem Math. Seminär der Hamburgischen Universität*, Band 1, Heft 3-4, 1922, p. 327).

pourvu que n soit assez grand. $\varepsilon(m_n)$ *tend vers zéro avec* m_n, *et est déterminée lorsque la fonction* $F(u)$ *est déterminée.*

Cette proposition est encore valable si le point limite de la suite exponentiellement compacte, d'ordre 2, se trouve sur la frontière du domaine D, à condition que les points de la suite restent compris dans un angle intérieur à un angle intérieur à D.

3. J'ai appliqué la proposition I à l'étude des fonctions méromorphes à valeur asymptotique, et j'ai obtenu la proposition suivante :

III. *Soit* $z = \varphi(z)$ *une fonction méromorphe ayant une valeur asymptotique nulle. Soit* $\mu(r)$ *une fonction croissant indéfiniment avec r, moins rapidement que* $\frac{1}{|\varphi(z)|}$ *sur le chemin de détermination zéro. Posons*

$$A(r) = [\log\mu(r)]^{\frac{1}{12}}, \qquad q(r) = \frac{1}{15}\log\log\mu(r).$$

L'un des deux cas suivants se présente :

1° *Dans la couronne circulaire d'épaisseur* $\frac{2\pi r}{q(r)}$, *dont la circonférence médiane est la circonférence* $|z| = r$, *on a l'inégalité*

$$\log|\varphi(z)| < -[\log\mu(r)]^{\frac{2}{3}}. \tag{1}$$

2° *S'il n'en est pas ainsi, on peut affirmer qu'il existe au moins un cercle* $C(r)$ *dont le centre est sur la circonférence* $|z| = r$, *et dont le rayon est égal à* $\frac{8\pi r}{q(r)}$, *dans lequel la fonction* $\varphi(z)$ *prend :*

Ou bien toutes les valeurs inférieures à $A(r)$, *sauf peut-être dans le voisinage d'une valeur* $a(r)$, *voisinage limité par le cercle* $|Z - a| = \frac{3}{A(r)}$;

Ou bien toutes les valeurs, sauf peut-être dans le voisinage de deux valeurs $a(r)$ *et* $b(r)$, *dont le module est inférieur à* $A(r)$. *Le voisinage est limité par les cercles* $|Z - a| = \frac{3}{A(r)}$, $|Z - b| = \frac{3}{A(r)}$.

Le premier cas ne peut évidemment pas se présenter lorsque le cercle $|Z| = r$ passe par un point où $\varphi(z) = \alpha$; α différant de la valeur asymptotique. On en déduit l'existence d'une famille de cercles $C(r)$ s'éloignant indéfiniment. Dans une suite extraite de cette famille, la fonction $\varphi(z)$ prend une infinité de fois toute valeur, sauf deux au plus. Remarquons que le rapport du rayon du cercle $C(r)$ à la distance de son centre à l'origine tend vers zéro lorsque r tend vers l'infini. En utilisant cette remarque, il est

aisé de retrouver comme cas particuliers de la proposition III les résultats généraux établis par M. Julia dans trois récents Mémoires [1].

4. Toute fonction entière possède un chemin de détermination infinie.

La proposition III s'applique donc, en remplaçant l'inégalité (1) par l'inégalité

$$\log|\varphi(z)| > [\log\mu(r)]^{\frac{2}{3}},$$

valable lorsque la valeur asymptotique de la fonction est infinie. J'ai obtenu une proposition plus précise : *On peut remplacer partout la fonction* $\mu(r)$ *par le maximum* $M(r)$ *du module de la fonction entière sur le cercle* $|z| = r$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les séries de Fourier généralisées des fonctions non intégrables.* Note de M. **Charles N. Moore**, présentée par M. Henri Lebesgue.

La définition d'une série de Fourier est basée sur la possibilité d'intégrer la fonction développée. Par conséquent, il paraîtrait à première vue paradoxal de parler de la série de Fourier, même généralisée, d'une fonction non intégrable [2]. Mais il est possible de donner un sens à certains types d'intégrales divergentes en se servant de méthodes analogues à celles employées dans le cas des séries divergentes, et de cette façon, nous pouvons définir une sorte de série de Fourier généralisée pour des fonctions qni n'ont pas d'intégrales.

Ainsi, si la fonction $f(x)$ devient infinie au point c, de telle manière que l'intégrale $\int_a^c f(x)\,dx$ est divergente, il se peut que la limite

$$\lim_{x \succ c} \int_a^x f(\beta)\left(\frac{x-\beta}{c-\beta}\right)^r d\beta \tag{1}$$

existe pour une valeur positive de r. Dans ce cas, nous disons que l'intégrale est sommable (Cr) et a la valeur de la limite (1). On démontre très faci-

---

(1) G. Julia, *Sur quelques propriétés nouvelles des fonctions entières ou méromorphes* (*Annales de l'École Normale*, 1919, 1920 et 1921).

(2) *Note de M. Lebesgue.* — Je me permets de rappeler ici les travaux de M. A. Denjoy (*Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 653, 833, 903; t. 173, 1921, p. 127), relatifs à la détermination d'une série trigonométrique partout convergente représentant une fonction donnée.

lement que si la limite (1) existe pour une valeur donnée de r, elle existera et elle aura la même valeur pour toute valeur plus grande de r. S'il y a plusieurs points dans l'intervalle (a, b) telles que l'intégrale n'existe pas pour un intervalle qui les contient, mais que les limites de la forme (1) existe en chaque point pour une valeur convenable de r, nous dirons que l'intégrale $\int_a^b f(x)\,dx$ est sommable (Cr'), où r' est la plus grande valeur qu'il a fallu choisir pour r. On peut même étendre ces définitions à certains cas où il y a un nombre infini de points du type considéré dans l'intervalle (a, b), et l'on peut aussi introduire d'autres définitions de sommabilité, mais nous n'insisterons pas sur ces généralisations.

Si $f(x)$ est une fonction de période 2π, pour laquelle $\int_\alpha^{2\pi+\alpha} f\,dx$ est sommable (Cr), on s'assure facilement que toutes les intégrales qui se trouvent dans les formules d'Euler et de Fourier seront sommables $(Cr.)$. Nous appellerons la série trigonométrique, dont les valeurs de ces intégrales sont les coefficients, la série de Fourier généralisée de la fonction $f(x)$. La justification de ce procédé se trouve dans le théorème que cette série est sommable $(C\rho)$, pour $\rho > 0$, et a presque partout la valeur de la fonction $f(x)$. Un exemple élémentaire du type de fonction pour lequel cette méthode est utile, est donné par la formule

$$f(x) = \frac{1}{x^2}\cos\frac{1}{x} \qquad (-\pi \leqq x < 0;\quad 0 < x \leqq \pi).$$

On pourrait se demander si la fonction $f(x) = \sum_2^\infty \frac{\sin nx}{\log n}$ de M. Fatou [1], ou les fonctions plus élémentaires construites récemment par M. Perron [2], ont des séries de Fourier généralisées suivant les conventions que nous avons adoptées. La réponse est négative; mais si l'on pose

$$\int_{-\pi}^{\pi} f(x)\,dx = \lim_{\delta \to +0}\left[\int_{-\pi}^{-\delta} + \int_{\delta}^{\pi}\right],$$

et si l'on se sert d'un procédé analogue dans les formules d'Euler et de Fourier, on réussit à définir pour ces fonctions une série de Fourier généralisée d'un autre type.

---

(1) *Comptes rendus*, t. **142**, 1906, p. 767.
(2) *Math. Annalen*, t. **87**, 1922, p. 84.

MÉCANIQUE. — *Sur le problème de Schwarzschild dans le cas d'un univers courbe.* Note de M. **J. Haag**, présentée par M. Brillouin.

1. Dans les *Comptes rendus* du 14 mai, M. Maurice Nuyens résout le problème de Schwarzschild pour une sphère homogène dans l'hypothèse où l'espace-temps est courbe. Je vais montrer que ce problème est un cas particulier de celui qui se trouve résolu dans ma Note du 5 mars.

Considérons plus généralement une sphère fluide hétérogène, la densité ρ et la pression p étant des fonctions de r seulement. Pour passer du problème primitif au problème actuel, il suffit, comme on sait, de remplacer G_λ^μ par $G_\lambda^\mu - kg_\lambda^\mu$, k étant une constante. Or il revient au même d'augmenter T_λ^μ de $\frac{k}{8\pi} g_\lambda^\mu$, ce qui équivaut à ajouter $\frac{k}{8\pi}$ à ρ et à retrancher $\frac{k}{8\pi}$ de p. Il suffit donc de faire ces modifications dans les résultats de ma Note du 5 mars pour obtenir la solution du nouveau problème.

2. Considérons le *problème extérieur*. On doit prendre

$$\rho = \frac{k}{8\pi}, \qquad p = -\frac{k}{8\pi}.$$

L'intégrale générale de mon équation (9) est alors

$$e^{-\lambda} = x = 1 - \frac{kr^2}{3} - \frac{2\mu}{r}, \qquad \mu = \text{const.}$$

On a ensuite, d'après (7), $\nu + \lambda = 0$, en négligeant une constante d'intégration, qui revient à modifier l'unité de temps. On retrouve ainsi la solution de M. Chazy (¹) ou la formule (5) de M. Nuyens.

3. Passons au *problème intérieur*, en nous bornant au cas de la sphère homogène. La formule (10) donne d'abord

$$x = 1 - \frac{2mr^2}{a^3},$$

en posant

$$m = \mu + \frac{ka^3}{6}, \qquad \mu = \frac{4}{3}\pi\rho a^3.$$

Il faut ensuite chercher la solution de l'équation (12) qui prend, pour

(¹) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 1136.

$r = a$, la valeur $\rho\sqrt{1 - \frac{2m}{a}}$, on trouve aisément

$$z = \frac{m\sqrt{x}}{Cm\sqrt{x} + 2\pi a^3}, \qquad C = \frac{k - 4\pi\rho}{\rho\sqrt{1 - \frac{2m}{a}}(8\pi\rho + k)}.$$

Enfin, (13) donne

$$\nu + \lambda = 2 \log \frac{z_a}{z};$$

d'où

$$e^{\frac{\nu}{2}} = \frac{12\pi\rho\sqrt{1 - \frac{2m}{a}} + (k - 4\pi\rho)\sqrt{1 - \frac{2mr^2}{a^3}}}{8\pi\rho + k}.$$

Pour $k = 0$, on retrouve la solution classique de Schwarzschild, sous la forme (2) donnée par M. Brillouin dans sa Note du 19 juin 1922.

Si k n'est pas nul, on aboutit à un ds^2 qu'il est facile d'identifier avec la formule (15) de M. Nuyens. Il suffit pour cela de poser, dans cette formule,

$$\varkappa ac = k, \qquad x\mu_0 = 8\pi\rho, \qquad a' = a, \qquad r' = r, \qquad c = 1.$$

Quant à la constante μ du ds^2 extérieur, elle ne diffère pas de la pseudo-masse $\frac{4}{3}\pi\rho a^3$.

BALISTIQUE. — *Sur les principes de la Balistique intérieure.* Note (¹) de MM. **F. Gossot** et **R. Liouville**, présentée par M. Vieille.

Dans l'étude des principes de la Balistique intérieure, le déplacement du projectile, quand la pression atteint sa plus grande valeur, est d'un intérêt particulier. Ce n'est qu'un des éléments sur lesquels on peut juger une théorie, mais il est sensible à des influences importantes dont la pratique s'est peu inquiétée jusqu'ici.

Les équations de la Balistique intérieure sont sujettes à des difficultés d'analyse très différentes, selon que la vitesse de combustion des poudres est supposée proportionnelle à la pression ($N = 1$), ou à une puissance inférieure de cette dernière ($N < 1$). Dans le premier cas, l'intégration se fait par quadrature, et des calculs plus ou moins longs sont la seule difficulté pour élucider toutes les propriétés du mouvement. Les autres cas sont

(¹) Séance du 22 mai 1923.

beaucoup plus complexes et l'on n'y peut obtenir des résultats certains que par des recherches moins immédiates. La première hypothèse, par suite des facilités qu'elle procure, devait bénéficier d'une attention spéciale : elle a été suivie en France par plusieurs auteurs, et à l'Étranger, notamment en Allemagne, jusqu'à la fin de 1913.

Parmi ceux que la seconde hypothèse, appuyée par les essais en vase clos, n'avait pas rebutés, quelques-uns se sont arrêtés à une simplification nouvelle, en admettant que les poudres sont à émission constante. Le mouvement ne dépend alors, on l'a montré en 1895, que d'une équation différentielle du premier ordre, du type d'Abel. Le capitaine Emery en a déduit, en 1907, une conséquence curieuse : Si l'on tire, dans une même bouche à feu, des poudres de lenteurs diverses, à des charges choisies de manière à maintenir la pression maximum constante, le déplacement du projectile, quand se produit cette pression, est d'autant plus grand que la poudre est plus lente, si la combustion est complète à cet instant; il diminue au contraire, avec la vivacité de la poudre, quand la combustion est incomplète.

Des auteurs plus récents, généralisant à tort ce théorème, ont cru pouvoir affirmer que la rétrogradation du maximum est liée aux équations mêmes de la Balistique intérieure. En fait la conclusion n'est établie que pour les poudres à émission constante; l'expérience n'a pas, jusqu'ici, mis en évidence ce phénomène qui ne semble pas se manifester dans la région accessible aux essais. Il est annoncé, dans cette région même, par les théories fondées sur l'exposant 1, telles qu'elles sont utilisées, c'est-à-dire avec la « fonction de forme » qu'elles adoptent et, par suite, sans supposer l'émission constante. Nous établissons qu'il n'est, pour aucune valeur de N, une nécessité.

Cette conclusion se rattache à une proposition nouvelle, conséquence directe des équations différentielles :

« Si les poudres sont des prismes réguliers allongés, ou fonctionnent comme telles, la combustion n'est jamais complète, quelle que soit la vivacité de la poudre, quand la pression maximum se produit. »

On connaît ainsi, sur la combustion dans les bouches à feu, quelque chose qui ne dépend ni de N, ni du mode de chargement. Au reste la rétrogradation peut ne pas exister dans la région accessible aux essais, sans que la poudre remplisse la condition ci-dessus.

Dans ce premier travail, nous n'avons examiné, dans le cas de $N = 1$, que des exemples servant de points de comparaison. Lorsque $N < 1$, les recherches sont d'un autre ordre de difficultés; nous les avons bornées, pour

le moment, à la valeur expérimentale de N, $\left(\frac{2}{3}\right)$ et aux poudres à émission constante; mais des procédés tout semblables s'appliquent à N quelconque, et à des poudres de formes arbitraires. Afin de rendre nos résultats incontestables, nous nous sommes imposé l'obligation de trouver, pour chacune des inconnues, deux limites rigoureuses, l'une par excès, l'autre par défaut, aussi rapprochées qu'on le désire. Ce résultat a pu être obtenu au moyen d'inégalités déduites de la nature du problème et des équations différentielles.

Notre but était de parvenir à des nombres et les approximations exigeaient des quadratures successives entre des limites variables comprises dans une région donnée. Les calculs auraient été impraticables si nous n'avions, pour les exécuter, disposé de méthodes particulières qui seront présentées dans un Mémoire détaillé. La courbe des pressions a pu être ainsi construite jusqu'au maximum.

La comparaison des deux cas, $N = 1$, $N = \frac{2}{3}$, ressort des nombres calculés, pour les poudres à émission constante. Ces deux valeurs de N concordent avec l'expérience pour les poudres les plus vives. Ensuite, dans des circonstances où la combustion reste complète, l'hypothèse $N = 1$ conduit à des déplacements du projectile beaucoup trop forts, l'hypothèse $N = \frac{2}{3}$ continuant à suivre l'expérience. Dès que la combustion devient incomplète, la rétrogradation commence pour les deux exposants, mais elle est environ une fois et demie plus rapide pour $N = 1$. *L'émission constante n'est donc pas compatible avec la réalité.* Dans un Mémoire publié en 1905, nous avions déjà signalé les raisons pour lesquelles les poudres sont plus éloignées de l'émission constante que ne l'indique leur forme géométrique.

En renonçant à simplifier les propriétés des poudres, on est assuré d'approcher davantage des faits, mais on n'est pas certain de reproduire les déplacements expérimentaux relatifs aux poudres lentes. La signification de ces nombres a été contestée et la nécessité de les confirmer est évidente. Mais tous les doutes émis impliquent l'exagération des déplacements indiqués par les appareils crushers.

Tandis que l'exposant $\frac{2}{3}$ concorde avec l'expérience, pour BM_5, par exemple, l'exposant 1 a donné des nombres trop grands (37 pour 100 en plus de sa valeur expérimentale) que rien, jusqu'à présent, ne peut justifier.

En ce qui concerne la valeur des pressions maximum, les deux exposants,

avec l'hypothèse de l'émission constante, donnent des nombres exacts pour les poudres vives (de BM_1 à BM_3 dans le canon de 10^{cm}). Au delà, les nombres trouvés sont inférieurs aux nombres expérimentaux, mais l'écart pour $N = \frac{2}{3}$ est de 25 pour 100 de la pression expérimentale; il atteint 43 pour 100 avec l'exposant $N = 1$.

Si à l'hypothèse $N = 1$ on joint celle de poudres fonctionnant comme des prismes réguliers allongés, les pressions calculées sont trop fortes et l'écart avec l'expérience croît avec la lenteur des poudres. L'accord avec l'expérience serait à peu près réalisé par des prismes ayant leurs dimensions proportionnelles à 100, 2 et 1 ; il est à prévoir que les conditions seront toutes différentes pour $N = \frac{2}{3}$.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur les effets séculaires de la théorie de la Relativité dans les mouvements planétaires.* Note de M. **Jean Chazy**, présentée par M. Émile Borel.

Dans une Communication précédente [1], j'ai indiqué qu'outre l'avance des périhélies, la théorie de la Relativité comparée à la loi de Newton produit un second effet séculaire dans les mouvements planétaires, et accroît les durées des révolutions sidérales commençant aux périhélies : pour Mercure, Vénus, la Terre et Mars, les accroissements sont voisins respectivement de 0,25; 0,011; 0,031; 0,21 secondes. En même temps je considérais quatre lois de forces correctives de la loi de Newton, que j'appelais les lois (I), (II), (III), (IV), les unes considérées déjà ou voisines de lois considérées par divers auteurs [2], et produisant la même avance du périhélie que la

[1] *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 666.

[2] Dans ma Communication précédente, en citant le nom de M. Lecornu, j'ai voulu indiquer que M. Lecornu avait considéré une force corrective voisine de la force (III), mais j'ai omis d'ajouter qu'il avait considéré aussi une force corrective plus générale : savoir la force normale à la trajectoire et dirigée dans la concavité comme la force (III), de valeur absolue $2v\lambda(r)$, où v désigne la vitesse du point mobile, et $\lambda(r)$ une fonction positive à déterminer de la distance r de ce point au centre d'attraction fixe (cf. *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 795). Cette dernière loi de force, de même que la théorie de la Relativité, donne comme effets séculaires dans le problème des deux corps une avance du périhélie et un accroissement de la durée de la révolution sidérale, qui ont respectivement pour valeurs, si l'on désigne par $2a$

théorie de la Relativité, mais produisant d'autre part un accroissement de la durée de révolution sidérale de valeur absolue plus grande.

M. Trousset a fait observer ([1]) que les corrections indiquées des durées de révolution newtoniennes T, soit dans la théorie de la Relativité, soit avec les lois correctives précédentes, correspondent par la troisième loi de Képler à des corrections des grands axes $2a$ inaccessibles, et peut-être pour longtemps encore, à l'observation directe de ces grands axes : les corrections obtenues des grands axes correspondent elles-mêmes à des corrections angulaires de 0″,03 au plus. Par conséquent l'on peut reporter sur a toute correction de T des ordres de grandeur considérés, du moins si l'on se borne aux effets intéressant le problème des deux corps.

Il faut remarquer que, si l'on raisonnait de même en ce qui concerne les masses, et si l'on cherchait à tirer de l'équation

$$\frac{4\pi^2 a^3}{T^2} = f(M+m)$$

des limites de la masse de Mercure, on obtiendrait un intervalle plus large encore que celui des nombres extrêmes donnés par Backlund, soit $\frac{1}{2\,660\,000}$, et par Encke, soit $\frac{1}{10\,250\,000}$ (la masse du Soleil étant prise pour unité); on pourrait même tirer de l'équation précédente des valeurs négatives de m. C'est l'étude des perturbations par Mercure des comètes ou des planètes voisines, qui donne pour sa masse les valeurs limitées par les deux nombres que nous venons de rappeler. De même, si l'on considère l'ensemble du système solaire, et le problème des trois corps ou des n corps,

---

et e le grand axe et l'excentricité osculateurs à un instant de la révolution considérée, si l'on néglige les carrés λ^2 et e^2, et qu'on suppose la fonction $\lambda(r)$ développable suivant les puissances de r,

$$\delta\varpi = T[\lambda(a) - a\lambda'(a)], \qquad \delta T = -\frac{2T^2\lambda(a)}{\pi};$$

$\delta\varpi$ correspond à une révolution, et l'accroissement δT concorde avec l'accroissement résultant du calcul de M. Lecornu pour les trajectoires circulaires, car sur ces trajectoires le grand axe osculateur n'est pas le diamètre. Un grand nombre des fonctions $\lambda(r)$ donnant à l'avance $\delta\varpi$ la valeur convenue pour Mercure donnent aussi pour δT une valeur de l'ordre de la seconde : la correction δT correspond par la troisième loi de Képler à une correction de a inaccessible aux observations actuelles, mais cette correction est cependant supérieure aux erreurs commises dans certaines observations des durées de révolutions.

([1]) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 888.

l'observation des effets séculaires, autres que l'avance des périhélies, de la théorie de la Relativité ou des lois correctives considérées n'est pas nécessairement remise à la même époque que l'observation du centième de seconde d'arc.

On peut ajouter autre chose. Dans la pratique, ce ne sont pas les longueurs des grands axes, ce sont les durées de révolution qui sont observées directement. Or les corrections obtenues des durées de révolution newtoniennes peuvent, *même dans la théorie de la Relativité*, être supérieures aux erreurs d'observation. En effet considérons, par exemple, parmi les passages de Mercure sur le Soleil, les passages de Mai, dont le prochain aura lieu en 1924, et dont le précédent a eu lieu en 1891. Admettons d'abord que, dans l'intervalle de 33 années qui sépare ces deux passages, la loi de Newton agisse seule sur l'ensemble du système solaire avec les valeurs connues des éléments osculateurs [1]; et admettons ensuite que cette loi soit remplacée entre le Soleil et Mercure et entre le Soleil et la Terre par la théorie de la Relativité, ou corrigée par les lois de forces (I), (II), (III), (IV). Dans la seconde hypothèse l'instant du second passage, soit l'instant de la conjonction en ascension droite, est avancé respectivement d'environ 27 secondes 2, 145, 290, 51 ou 41 secondes. Il importe donc, si l'on admet pour expliquer le mouvement de Mercure la théorie de la Relativité ou l'une des lois correctives considérées, d'affirmer en même temps que les durées des révolutions planétaires tirées des observations sont les sommes d'un terme provenant de la loi de Newton, et d'*un terme correctif, positif ou négatif, dont la valeur absolue peut être nettement supérieure aux erreurs des observations actuelles*.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur le champ de gravitation.* Note de M. **J. Le Roux**, présentée par M. G. Kœnigs.

M. G. Darmois a récemment exposé dans d'intéressantes communications les difficultés que présente l'intégration des équations aux dérivées partielles d'Einstein dans le cas d'une distribution donnée de matière.

Cette intégration pourrait être utile pour la confrontation, au point de vue numérique, des résultats de la théorie avec ceux de l'observation. Mais pour la critique générale des théories de la relativité elle n'est pas nécessaire.

---

[1] A un instant donné le grand axe osculateur $2a$ a une valeur déterminée, bien qu'on ne connaisse pas cette valeur avec précision.

Les équations aux dérivées partielles d'Einstein se présentent sous la forme

$$G_{\alpha\beta} = U_{\alpha\beta}. \tag{1}$$

Les symboles $G_{\alpha\beta}$ désignent les coefficients d'une forme covariante déduite du ds^2 fondamental; les fonctions $U_{\alpha\beta}$ sont des fonctions des quatre coordonnées courantes x_1, x_2, x_3, x_4, dépendant de la répartition de ce qu'on appelle dans la théorie de la relativité la matière et l'énergie.

Lorsqu'on se donne les fonctions $U_{\alpha\beta}$ il faut intégrer le système (1) pour déterminer les coefficients g_{ik} du ds^2 fondamental. Mais on peut tout aussi bien se donner le ds^2 et en déduire les quantités $U_{\alpha\beta}$ par simple différentiation. On détermine ainsi la répartition de matière qui correspondrait à un ds^2 donné.

Il n'y a d'ailleurs aucune nécessité d'admettre que la matière d'Einstein ait quelque chose de commun avec la matière vulgaire, et c'est en réalité à une simple définition de mots que correspondent les équations (1). Le vide est par définition constitué par les régions où les fonctions $U_{\alpha\beta}$ sont nulles.

Le point de vue où l'on peut se placer au point de vue de la signification physique concrète des fonctions $U_{\alpha\beta}$ n'a aucune importance pour la critique. Les objections que j'ai fait valoir contre la théorie d'Einstein s'attaquent en effet à l'hypothèse même sur laquelle repose la théorie.

Elles établissent l'impossibilité de rendre compte des phénomènes de la gravitation par la considération d'un ds^2 d'univers à quatre variables dont les géodésiques définiraient les mouvements des différents éléments matériels. Le fait que les coefficients du ds^2 satisfassent à tel ou tel système d'équations aux dérivées partielles ne peut évidemment constituer un motif d'exception. Le raisonnement s'applique quelle que soit la forme quadratique de différentielles à quatre variables considérée.

Les propriétés essentielles de la gravitation, c'est-à-dire la solidarité et la coordination des mouvements, disparaissent inévitablement dans les équations différentielles des géodésiques d'un ds^2 à quatre dimensions. Il n'existe entre les points de deux géodésiques différentes d'une même forme aucune correspondance ponctuelle.

Cette impuissance à rendre compte de la solidarité des mouvements est une conséquence inéluctable de l'hypothèse d'Einstein et l'on ne peut y échapper qu'en renonçant à la théorie elle-même. Dans ces conditions les équations aux dérivées partielles (1) n'ont plus aucune apparence de fondement.

Il est d'ailleurs utile d'observer que l'idée de la courbure de l'espace ou de l'univers n'est pas une notion géométrique; elle relève de la métaphysique et est entièrement dépourvue de toute signification concrète. On peut même admettre qu'elle dérive d'une analyse incomplète de la notion d'élément linéaire et d'une généralisation incorrecte de la théorie de Gauss.

La courbure, en effet, en géométrie, est un invariant différentiel du groupe euclidien. L'invariant de Gauss construit à partir de l'élément linéaire d'une surface ne représente une courbure, au sens géométrique, que si cet élément linéaire a la signification euclidienne ordinaire. Si l'on renonce à cette signification euclidienne de l'élément linéaire, on n'a plus le droit d'attribuer à l'invariant de Gauss le sens d'une courbure.

Les deux questions sont indissolublement liées. L'opposition établie entre les espaces courbes et les espaces euclidiens constitue donc une anomalie qui frise la contradiction.

On trouve d'ailleurs, dans l'exposé de la théorie d'Einstein, d'autres inadvertances qu'il est utile de noter pour avoir une juste appréciation de la valeur scientifique des raisonnements. Telle est celle que l'on rencontre à propos de la définition des composantes du champ de gravitation.

Pour l'étude de cette question, Einstein doit renoncer à l'emploi des coordonnées cartésiennes rectilignes pour faire usage de coordonnées générales assujetties à la condition unique qu'à chaque point-événement corresponde un système déterminé de valeurs des coordonnées. Après avoir formé pour un pareil système de coordonnées les équations générales du mouvement d'un point, il admet que la condition nécessaire et suffisante pour que le mouvement soit rectiligne et uniforme [1] c'est que les coordonnées employées soient des fonctions linéaires de l'arc généralisé s. Cela revient à admettre que la droite est toujours caractérisée par des relations linéaires entre les coordonnées, quelle que soit la nature de ces coordonnées. Par exemple, la spirale d'Archimède serait rectiligne en coordonnées polaires.

Il ne faut sans doute pas attacher à cette inadvertance une importance exagérée. Je la relève à simple titre de renseignement.

---

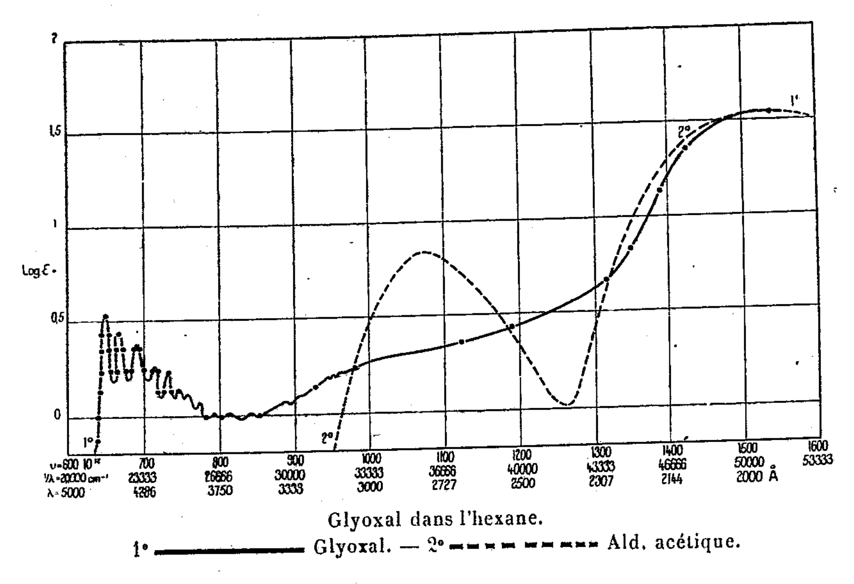
(1) LORENTZ, EINSTEIN, MINKOWSKI, *Das Relativitätsprinzip*, 1920, p. 108.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Spectre d'absorption ultraviolet du glyoxal.* Note de M. A. **Luthy**, présentée par M. G. Urbain.

L'étude du spectre d'absorption du glyoxal $\underset{\substack{\| \\ O}}{HC}-\underset{\substack{\| \\ O}}{CH}$ en solution hexanique nous a donné un résultat nouveau qui s'est ensuite confirmé pour les spectres d'absorption de l'acroléine et de l'aldéhyde crotonique étudiés par nous, ainsi que pour le diacétyle et le cétène étudiés par M. G. Lardy. M. Victor Henri a insisté sur l'importance de ce résultat dans sa Note sur les bandes étroites et larges (*Comptes rendus*, avril 1923).

On ne connaissait jusqu'ici aucun corps aliphatique dont le spectre d'absorption présente des bandes étroites; seuls les corps cycliques, contenant au moins deux liaisons doubles, présentaient des bandes étroites.

En étudiant le glyoxal en solution hexanique avec une source lumineuse qui donne un spectre continu (étincelle de haute fréquence entre électrodes d'Al dans l'eau), nous avons obtenu toute une série de bandes étroites.



Glyoxal dans l'hexane.
1° ——— Glyoxal. — 2° - - - - Ald. acétique.

La figure représente la courbe d'absorption du glyoxal en trait plein et en pointillé celle de l'aldéhyde acétique; en abscisses sont portées les fréquences et en ordonnées les logarithmes du coefficient d'absorption moléculaire ε, défini par $\mathfrak{J} = \mathfrak{J}_0 . 10^{-\varepsilon cd}$.

Résultats. — 1° Le spectre d'absorption du glyoxal se divise en trois régions. Dans la première entre $\lambda = 4613$ et 3119 A on observe 17 bandes étroites dont les positions sont indiquées dans le Tableau suivant :

λ.	$\frac{1}{\lambda}$ cm⁻¹.	ε.	λ.	$\frac{1}{\lambda}$ cm⁻¹.	ε.
4613.......	21678	3,5	3670.......	27248	1,0
4483.......	22306	2,8	3542.......	28233	1,1
4330.......	23195	2,4	3487.......	28678	1,15
4190.......	23881	1,8	3359.......	29771	1,22
4095.......	24420	1,7	3301.......	30294	1,3
4013.......	24919	1,4	3187.......	30377	1,5
3935.......	25413	1,3	3154.......	31706	1,6
3863.......	25887	1,2	3119.......	32062	1,8
3768.......	26539	1,0			

2° Ces bandes étroites peuvent être distribuées en quatre séries de bandes équidistantes, l'intervalle moyen entre les termes successifs étant égal à $\Delta \frac{1}{\lambda}$ 1480 cm^{-1}.

3° Dans l'ultraviolet moyen vers $\lambda = 2800$ le glyoxal présente une bande très large, la valeur de ε est environ égale à 2,5; l'aldéhyde acétique présente dans la même région une bande large pour laquelle $\varepsilon = 6,2$.

4° Dans l'ultraviolet extrême, on obtient également une bande large, dont le maximum correspond environ à $\lambda = 1950$ et $\varepsilon = 35$.

5° La courbe d'absorption du glyoxal ressemble à celle du diacétyle, étudié par M. Lardy. La première région comprenant les bandes étroites est semblable à celle que Klingstedt a obtenue pour la paraquinone en solution hexanique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Spectre d'absorption ultraviolet du diacétyle.* Note de M. **Guillaume C. Lardy**, présentée par M. G. Urbain.

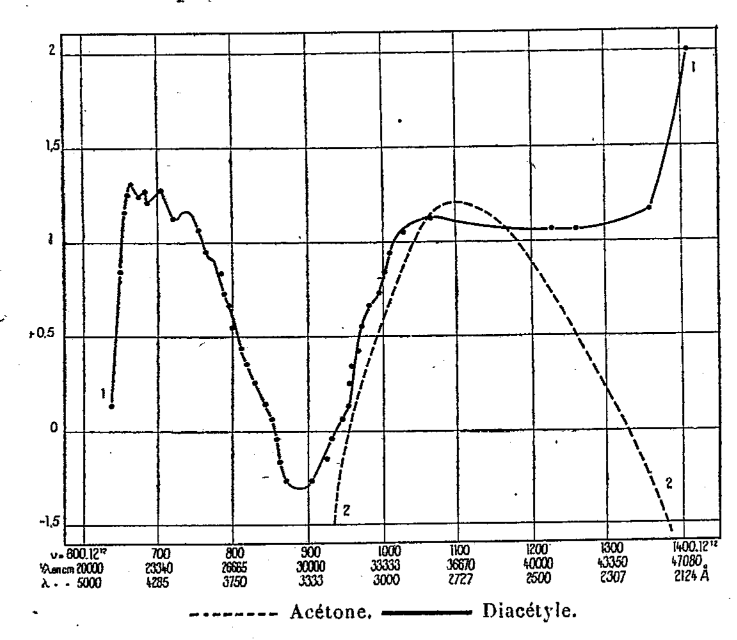
Le spectre d'absorption du diacétyle $CH^3.\underset{\underset{O}{\|}}{C}.\underset{\underset{O}{\|}}{C}.CH^3$ a été étudié par plusieurs auteurs (Baly, Purvis, Victor Henri, etc.); en solution alcoolique ou aqueuse on a signalé une bande dans le violet et une autre dans l'ultraviolet moyen.

Nous avons repris l'étude en prenant des solutions hexaniques, ce qui permet d'obtenir un spectre normal qui se rapproche le plus de celui de la

vapeur et en nous servant d'une source de lumière donnant un spectre continu, d'après la méthode de V. Henri.

Nous avons ainsi obtenu un résultat complètement nouveau qui a un intérêt théorique : c'est l'existence d'une série de bandes étroites dans la région violette du spectre d'absorption du diacétyle.

La figure suivante contient la courbe d'absorption du diacétyle en trait plein et à titre de comparaison la courbe de l'acétone en pointillé.



-------- Acétone. ———— Diacétyle.

Résultats. — 1° Le spectre d'absorption du diacétyle comprend dans une première région entre 4512 et 4054 Å quatre bandes étroites. Ces bandes sont moins bien séparées entre elles que les bandes étroites que présente le glyoxal dans la même région. Les coefficients d'absorption moléculaires et les positions des bandes sont donnés dans le Tableau suivant :

λ.	$\frac{1}{\lambda}$.	ε.
	cm⁻¹	
4512	22163	20,5
4380	22831	18,75
4241	23579	19,5
4054	24667	15

2° Dans l'ultraviolet moyen, pour $\lambda = 2800$ on observe une bande large absolument comparable à celle que donne l'acétone dans la même région.

Pour le diacétyle, le maximum de cette bande correspond à $\varepsilon = 13,6$, tandis que pour l'acétone on trouve $\varepsilon = 15,8$.

3° Dans l'ultraviolet extrême la courbe d'absorption monte de plus en plus, il existe probablement une bande ultraviolette analogue à celle que l'on trouve pour le glyoxal pour $\lambda = 1950$.

4° Lorsque l'on compare l'absorption du diacétyle à celle du glyoxal, étudiée par M. Luthy, on remarque que la substitution des groupes CH^3 à la place des hydrogènes produit un élargissement des bandes étroites de la première région et une augmentation générale du coefficient d'absorption moléculaire; ce dernier est trois à quatre fois plus grand pour le diacétyle que pour le glyoxal; la situation des bandes d'absorption est la même pour ces deux composés contenant deux carbonyles en position conjuguée.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Spectre d'absorption ultraviolet de la paraquinone.* Note de M. **F. W. Klingstedt**, présentée par M. G. Urbain.

Le spectre d'absorption ultraviolet de la paraquinone a été étudié jusqu'ici seulement d'une façon qualitative et uniquement dans des solvants (eau, alcool, éther) qui modifient le spectre normal. Les auteurs antérieurs (Hartley, Dobbie, Baly, Stewart, etc.) ont décrit un spectre formé d'une bande dans le visible pour $\lambda = 4650$, une bande très plate et large pour $\lambda = 2780$ et un commencement de bande forte dans l'ultraviolet extrême. La courbe en pointillé de la figure est une reproduction de la courbe classique de Baly.

Nous avons étudié par la méthode quantitative de Victor Henri le spectre d'absorption des solutions hexaniques de la paraquinone purifiée par sublimation fractionnée. La courbe d'absorption obtenue est représentée sur la figure tracée en portant en ordonnées les $\log \varepsilon$ (ε est le coefficient d'absorption moléculaire $J = J_0 . 10^{-\varepsilon c d}$) et en abscisses les fréquences.

Résultats. — 1° Le spectre d'absorption normal de la paraquinone comprend dans la partie visible du vert au violet 14 bandes étroites; les positions et les valeurs de ε sont données dans le Tableau suivant.

2° Ces bandes étroites peuvent être distribuées en trois séries de bandes presque équidistantes; la valeur de l'intervalle $\Delta \frac{1}{\lambda}$ qui sépare les termes successifs dans chaque série est en moyenne égale à 1180 cm^{-1}.

Série I.

λ.	$\frac{1}{\lambda}$.	ε.
5388	18560	1,4
″	″	″
″	″	″
4805	20812	15
″	″	″
4577	21848	19,6
″	″	″
″	″	″
4350	22988	16,8
″	″	″
″	″	″
4135	24184	12,6
″	″	″
″	″	″

Série II.

λ.	$\frac{1}{\lambda}$.	ε.
″	″	″
5258	19019	1,5
5000	20000	12
″	″	″
4734	21124	9
″	″	″
4495	22247	14,5
″	″	″
″	″	″
4262	23463	13,5
″	″	″
″	″	″
4055	24661	9,5
3906	25602	7,2

Série III.

λ.	$\frac{1}{\lambda}$.	ε.
″	″	″
″	″	″
″	″	″
″	″	″
″	″	″
″	″	″
″	″	″
4424	22604	11,2
″	″	″
″	″	″
4202	23798	9
″	″	″
″	″	″
″	″	″

log ε

4
3
2
1
0

1/λ = 16666 20000 23333 26666 30000 33333 36670 40000 43345 46640 50000
ν = 500 600 700 800 900 1000 1100 1200 1300 1400 1500
λ = 6000 5000 4286 3750 3333 3000 2727 2500 2307 2144 2000

1. Paraquinone. — 2. Courbe classique de Baly.

3° Ces bandes étroites sont très semblables à celles que A. Luthy a obtenues pour le glyoxal et G. Lardy pour le diacétyle, ces deux composés contenant deux groupes carbonyls en position conjuguée présentent dans la même région spectrale une série de bandes étroites, dont l'intensité est comparable à celle des bandes de la paraquinone. Cette ressemblance est importante pour la théorie de la constitution des quinones.

4° Dans l'ultraviolet moyen pour $\lambda = 2790$ la paraquinone présente une bande large, le coefficient d'absorption moléculaire étant égal à $\varepsilon = 350$. Rappelons que dans la même région l'hydroquinone en solution hexanique possède une série de bandes étroites que nous avons décrites précédemment. Cette bande large occupe la même place et a la même forme que celle que l'on observe pour la benzaldéhyde et l'acétophénone (¹).

5° Dans l'ultraviolet extrême pour $\lambda = 2410$ la paraquinone possède une très forte bande avec $\varepsilon = 20000$; la position et l'intensité de cette bande sont les mêmes que celles que présentent tous les composés possédant deux ou trois liaisons éthyléniques.

MÉCANIQUE CHIMIQUE. — *Contribution aux lois de la solubilité.* Note (²) de M. **Albert Colson**.

La majorité des réactions chimiques se faisant par voie humide, je suis d'accord avec M. Le Chatelier sur la nécessité d'une théorie rigoureuse de la solubilité pour rattacher la Chimie aux sciences rationnelles. Commencée par Berthollet, cette œuvre a reçu de Van't Hoff une nouvelle impulsion, grâce à son concept de la pression osmotique qui permet d'assimiler les solutions saturées aux vapeurs saturées par l'emploi tout indiqué de l'égalité de Clapeyron

$$L = AT(U - u)\frac{dp}{dT}.$$

Il convient alors d'identifier L à la chaleur de saturation, U au volume final de la solution saturée à T° par l'expansion du volume solide u de la molécule dissoute dans le solvant V. En négligeant alors le terme u, on peut faire intervenir la condition de dilatabilité des gaz $pU = RT$, et arriver à la formule $L = ART^2 \frac{dp}{dT}$ applicable aux solutions assez diluées. En étudiant

(¹) Voir V. Henri, *Études de Photochimie*, 1919.
(²) Séance du 22 mai 1923.

le cas de l'iode peu soluble, M. Le Chatelier a obtenu une formule semblable; mais il est à remarquer au sujet de l'extension du cas de l'iode aux autres corps solubles, que ni le sel marin, ni les nombreuses solutions dans lesquelles u est de même ordre que U et parfois supérieur au volume V du solvant, n'obéissent à sa formule : Voilà ce que je soutiens, en ajoutant que la substitution de la concentration C à la pression osmotique p, c'est-à-dire l'équivalence de $\frac{dp}{dT}$ à $\frac{dC}{dT}$, enlève tout caractère rationnel à la formule

$$\frac{dC}{C} = 0,500 \frac{dT}{T^2} \times C$$

de M. Le Chatelier. Voici mes raisons :

I. D'abord cette substitution exige que la chaleur de saturation L cède la place à une chaleur idéale de dissolution ou d'équilibre ρ qui a beaucoup préoccupé Van't Hoff (¹), et à laquelle il a attribué la valeur L — ART. Celle-ci se réduit à L — 2T si le corps soluble n'est pas ionisé, avec $AR > 2$ en cas d'ionisation. La détermination expérimentale de cette quantité ρ sur le sel marin, par voie directe et indirecte, m'a donné des résultats concordant entre eux, mais en désaccord avec les indications de la formule de solubilité partout admise (²). A ce travail et à d'autres remarques qui auraient pu l'éclairer, M. Le Chatelier a opposé plusieurs Notes, publiées dans le Tome 162 des *Comptes rendus* où se lisent des affirmations et une série de corrections arbitraires infligées à mes résultats numériques. Elles aboutissent à l'existence d'un minimum de solubilité du sel marin à $T = 263°$ (ou $t = -10°$). Corroboré par extrapolation des données de la courbe de solubilité de NaCl (qui est une droite), ce minimum lui apparaît comme une nouvelle confirmation de sa formule. Cette conclusion donne la mesure de la valeur des critiques ci-dessus. En effet, la relation de Van't Hoff $\rho = L - 2T$ montre que, si L est constant, ρ diminue quand T augmente. Nul à 263°, ρ devient donc négatif quand la température s'élève. Ce minimum inconcevable exigerait que la solubilité du sel diminue quand T croît, d'autant plus que, d'après d'autres expériences (³), la chaleur de saturation L décroît elle-même régulièrement de 485 à 448 calories quand la température s'élève de $T = 273°$ à 294°,5. Ainsi les

(¹) *Chimie physique*, t. 1, p. 34.
(²) *Comptes rendus*, t. 161, 1915, p. 787.
(³) *Comptes rendus*, t. 161, 1915, p. 586.

subtils arguments de M. Le Chatelier ne remédient pas à l'insuffisance de sa formule.

II. D'ailleurs la substitution de la concentration C à la pression osmotique p a d'autres inconvénients. Les expériences de Lœwel ont prouvé depuis longtemps que la solubilité, ou concentration d'un sel en solution saturée, dépend de ses variétés physiques, de ses hydrates. Quand on proclame le classicisme de ce fait, une formule logique doit l'exprimer.

III. Enfin la concentration C étant le nombre n variable avec T, des molécules supposées anhydres qui existent dans 1^{kg} de solvant, alors que la pression osmotique p est une fonction de la forme $p = in\mathrm{T}$, il est clair que, même en dehors du paramètre $i > 1$, l'équivalence $\frac{dp}{d\mathrm{T}} = \frac{d\mathrm{C}}{d\mathrm{T}}$ est une impossibilité mathématique. Autrement dit, s'il est certain que L et $\frac{dp}{d\mathrm{T}}$ sont de même signe, une pareille coïncidence n'existe pas nécessairement entre $\frac{d\mathrm{C}}{d\mathrm{T}}$ d'une part, et L ou ρ d'autre part. Tels sont les points que je cherche à élucider.

Expression des conditions rationnelles. — La dissolution de corps très solubles, pour lesquels le volume V du solvant est notablement inférieur au volume u du corps dissous, ressemble beaucoup plus à une fusion qu'à une expansion du sel dans l'espace V. En réalité, ces deux effets se superposent et l'on peut adapter à cet ensemble l'égalité de Clapeyron. C'est ainsi que j'ai relié (¹) la chaleur de saturation moléculaire L à la pression osmotique p de la solution saturée à T et à la concentration $\varepsilon = \mathrm{U} - (\mathrm{V} + u)$ du système initial $(\mathrm{V} + u)$ dans le système final U. Dans la relation $\mathrm{L} = \mathrm{AT}(\mathrm{V} + \varepsilon)\frac{dp}{d\mathrm{T}}$, la solubilité s'apprécie, comme en pratique, par l'inverse du volume V du solvant et non plus par une différentielle. Ce volume caractérise en outre la variété saline qui se dissout ou se dépose sous la même forme, condition indispensable à la fois aux prescriptions de Lœwel et à la réversibilité du phénomène. Quant à L et à $\frac{dp}{d\mathrm{T}}$ ils ont même signe quel que soit celui de ε si la contraction reste inférieure au volume V.

Quand celui-ci approche de zéro, ce qui est un cas assez fréquent, la formule qui régit le phénomène se confond avec celle de la fusion, pourvu que l'on interprète largement la valeur p. Celle-ci mesure la force d'expansion du sel dans un solvant sous une pression extérieure constante; mais cette

(¹) *Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 57.

force d'expansion n'est pas sensiblement modifiée par une pression extérieure h s'exerçant sur le système, pas plus que la valeur d'une tension maxima n'est changée par la pression d'un gaz inerte. On peut donc remplacer p par $P = p + h$, d'autant plus que si h est constant $\frac{dP}{dT} = \frac{dp}{dT}$, et si p est constant $\frac{dP}{dT} = \frac{dh}{dT}$.

Avant tout, examinons d'abord le cas de $V = 0$. Certains corps en se dissolvant dans l'eau froide forment des hydrates cristallisés indéfiniment solubles quand la température s'élève. Or, quand le volume V du solvant est nul, notre formule avertit que ce n'est plus d'une dissolution qu'il s'agit, mais d'un corps défini, fusible à point fixe. Cette constitution explique la formation des eutectiques étudiés par Roozeboom. Tel est le chlorure de calcium, transformé en hexahydrate, celui-ci au-dessus de 30°, se comporte comme un liquide défini, et non comme un chlorure $CaCl^2$ fondu dans son eau de cristallisation et plus ou moins ionisé par elle. L'hydrate peut être considéré comme un solvant spécial dans lequel HCl ou certains chlorures, par exemple, ont une solubilité qui n'a aucun rapport avec celle qu'exerceraient les $6H^2O$ en liberté partielle.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Les bismuthamines, nouvelle classe de corps.* Note (¹) de M. **A.-Ch. Vournazos.**

Les études sur les complexes mixtes de certains composés de bismuth et des autres éléments de sa famille (²) m'ont conduit à la découverte d'une nouvelle classe de produits aminés : les *bismuthamines* qui se forment avec les sels bismuthiques. C'est avec les halogénures de cet élément que j'ai obtenu les plus caractéristiques de ces corps, mais le trioxyde, le nitrate et le phosphate de bismuth peuvent aussi donner des bismuthamines. Les sels organiques du bismuth, d'autre part, fournissent des amines amorphes ou difficiles à isoler.

Les bismuthamines dérivent du bismuth trivalent, elles sont obtenues soit par l'union directe de leurs constituants, soit par l'action d'un composé aminé sur un sel complexe de bismuth, mais facilement soluble, dans le cas

(¹) Séance du 22 mai 1923.

(²) A.-C. Vournazos, *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1256; t. 172, 1921, p. 535, et t. 175, 1922, p. 164.

où la bismuthamine résultante est peu soluble ou insoluble. Les composés aminés qui entrent en jeu dans ces réactions sont des sels : 1° des sels ammoniacaux anorganes et organiques; 2° des sels d'amines primaires et secondaires grasses et aromatiques; 3° des sels d'hydrazines primaires.

Il y a des bismuthamines *simples* lorsque le sel du bismuth et le sel de l'amine provient du même acide :

$$BiCl^3 + RNH^2HCl = BiCl^3RNH^2HCl.$$

Tandis que dans les bismuthamines *mixtes* les composants salins proviennent de deux acides différents :

$$BiBr^3 + NH^4CH^3COO = BiBr^3NH^4CH^3COO.$$

Les bismuthamines sont en général composées d'une molécule de sel bismuthique et d'une molécule de sel aminé; cependant il en est qui contiennent trois molécules d'amines. Les bismuthamines mixtes peuvent être formées soit par l'action directe de leurs constituants :

$$BiBr^3 + RNH^2HNO^3 = BiBr^3RNH^2HNO^3,$$

soit par double échange des acides des molécules réagissantes; ainsi la bismuthamine produite par la réaction

$$Bi(NO^3)^3 + 3RNH^2HBr = 2RNH^2HNO^3 + BiBr^3RNH^2HNO^3$$

est identique à la précédente.

La complexité des bismuthamines est surtout apparente dans les composés ammoniacaux.

Le composé $NH^4\cdot[BiBr^4]'$, obtenu par l'action réciproque des deux molécules du même acide, est un complexe *homoacide* dérivant de l'acide $H\cdot[BiBr^4]'$ fort instable; et le complexe *hétéroacide* $NH^4\cdot[BiBr^3CH^3COO]'$ ou le composé potassique isomorphe $K\cdot[BiBr^3CH^3COO]'$ dérivent de l'acide $H\cdot[BiBr^3CH^3CO]'$. Or les réactions caractéristiques du bismuth sont masquées par la complexité de ces molécules pourvu qu'elles restent intégrales.

La plupart des sels de bismuth s'hydrolysant facilement, on ne peut obtenir les bismuthamines que dans un milieu organique. L'alcool amylique, l'éther acétique, le paraldéhyde et l'acétone purs et déshydratés, sont les meilleurs dissolvants, surtout pour les halogénures bismuthiques; c'est avec l'acide acétique glacial à 98 pour 100 que j'ai obtenu les résultats les plus satisfaisants, et les bismuthamines formées dans ce liquide se

séparent sous forme de cristaux. Les autres acides organiques liquides (acides formique, propionique, valérianique, lactique, acrylique, etc.) peuvent aussi être employés pour préparer des bismuthamines contenant des amines sels de ces acides. L'acide acétique est le milieu le plus convenable pour cette sorte de réactions pourvu qu'il n'exerce aucune action secondaire sur les corps réagissants; cet acide agit comme un catalyseur énergique.

Le procédé général pour la préparation des bismuthamines est le suivant : Je fais dissoudre le sel ammoniacal, amine ou hydrazine, dans l'acide acétique anhydre par rapport de 2-5 pour 100 et dans la solution chaude. J'indroduis une solution bouillante du sel bismuthique, dans le même acide, et par rapport de 10-20 pour 100. On peut aussi ajouter le sel bismuthique à l'état de poudre sèche. Un précipité cristallin de bismuthamine se forme aussitôt ou tout au plus après refroidissement du liquide. On filtre en aspirant à l'aide d'une trompe électrique, on lave le précipité sur le filtre avec de l'acide acétique anhydre ajouté par petites portions et l'on continue la succion de l'air sec pendant 20-30 minutes; on entraîne ainsi les vapeurs acides, et les cristaux recueillis sont presque secs. Le desséchement est complété dans un dessiccateur à chlorure de calcium fondu; l'analyse doit être faite 24 heures plus tard.

Les bismuthamines forment de petits cristaux ou des aiguilles peu solubles dans les dissolvants organiques anhydres et plus ou moins solubles dans l'acide acétique glacial. Elles sont décomposées par l'eau et l'alcool. La réaction hydrolytique est à peu près générale. Chauffées au-dessous de 400°, elles fondent sans altération; au-dessus de cette température, elles se dédoublent différemment suivant leur nature chimique. Voici comme exemple quelques-unes de ces combinaisons.

Bismuthochloroiodure d'ammonium $[BiCl^3I]'NH^{4\cdot}$; obtenu par l'action du $BiCl^3$ sur une solution froide de NH^4I dans l'acide acétique. Aiguilles soyeuses transparentes, décomposables par l'eau.

Bismuthobromoacétate d'ammonium $[BiBr^3CH^3COO]'NH^{4\cdot}$; obtenu par l'action du $BiBr^3$ sur l'acétate d'ammoniaque en solution acétique. Tables hexagonales jaunes, peu solubles dans l'alcool amylique.

Bismuthobromoformiate de méthylamine : $BiBr^3CH^3NH^2HCOOH$; par l'action des deux constituants en solution formique. Cristaux jaunâtres prismatiques et solubles dans l'acide acétique.

Bismuthiodoacétate d'éthylamine : $BiI^3C^2H^5NH^2CH^3COOH$; par addition d'une solution acétique d'acétate d'éthylamine dans une solution équimoléculaire de $[BiI^4]Na$; jolis cristaux d'un rouge cramoisi insolubles dans l'acide acétique.

Bismuthonitrate de nitrate de méthylamine : $Bi(NO^3)^3CH^3NH^2HNO^3$; aiguilles blanches enchevêtrées, obtenues par addition d'une solution acétique de nitrate de bismuth dans une solution de nitrate de méthylamine.

Bismuthochloroacétate d'hydrazine : $BiCl^3N^2H^4CH^3COOH$; prismes incolores solubles dans l'acide acétique bouillant, obtenus par l'action des constituants en solution acétique.

Bismuthofluoroacétate d'aniline : $BiFl^3C^6H^5NH^2CH^3COOH$; cristaux prismatiques incolores, obtenus par l'action d'une solution acétique de $BiFl^3$ sur une quantité équimoléculaire d'acétate d'aniline également en solution acétique.

Bismuthobromoacétate d'aniline : $BiBr^3C^6H^5NH^2CH^3COOH$; longues tables hexagonales de couleur jaune paille, obtenues par l'action des molécules constituantes en milieu acétique.

Bismuthochloropropionate d'orthotoluidine : $BiCl^3CH^3C^6H^4NH^2C^2H^5COOH$; prismes tétragonaux incolores, dérivés de l'action des molécules constituantes en solution dans l'acide propionique.

Bismuthobromobenzoate de n-propylamine : $BiBr^3C^3H^7NH^2C^6H^5COOH$; aiguilles enchevêtrées jaunâtres, obtenues par l'action de benzoate de propylamine sur le $BiBr^3$ en solution acétique.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Une application du pouvoir antioxygène des polyphénols : accroissement de la solidité à la lumière des colorants sur fibre.* Note de MM. **Alfred Gillet** et **Fernand Giot**, présentée par M. Charles Moureu.

Parallèlement à l'étude théorique résumée dans une Note précédente [1], nous avons entrepris des recherches expérimentales consistant à comparer l'altération à l'air, sous l'influence de la lumière, d'échantillons de tissus teints avec des colorants assez fugaces, à l'altération d'échantillons identiques traités, après teinture, par une solution diphénolique.

Des essais ont été faits avec l'hydroquinone, la pyrocatéchine, le gaïacol, l'acide gallique, les acides hydroquinone sulfonique et pyrocatéchine sulfonique. Pour la plupart des essais, nous avons employé jusqu'à présent les deux solutions suivantes : 1° pour la laine, une solution d'acide hydroquinone sulfonique à 1 pour 1000; la laine en fixe, en 45 minutes au bain-marie, 3 pour 100 de son poids; 2° pour le coton, une solution d'hydroquinone à 1 pour 100; on en imprègne à froid l'échantillon teint, sec, et on laisse sécher.

La laine blanche ainsi traitée devient d'un gris jaunâtre après quelques jours à la lumière; le coton est un peu plus foncé.

Les colorants basiques forts du triphénylméthane d'abord essayés, à cause de leur fugacité (fuchsine, violet de méthyle, vert malachite), n'ont

(1) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1402.

subi aucune protection. Pas plus que d'autres basiques forts (brun de Manchester, chrysoïdine, rhodamine 6 G).

Les colorants du triphénylméthane sulfonés, teignant en bain acide, ne semblent pas mieux protégés que les basiques forts dont ils dérivent (¹) (violet à l'acide 4 BN, fuchsine S).

Les azoïques teignant la laine en bain acide semblent également protégés. Néanmoins nos premiers essais de teinture (violet Victoria 4 BS, brun à l'acide) n'ont pas encore subi d'altération suffisante pour nous permettre de conclure nettement.

L'action protectrice de l'acide hydroquinone sulfonique sur les colorants acides du groupe des *fluorescéines* halogénées (éosine, érythrosine) sur laine est remarquable.

Teintures en éosine BB à 0,5 pour 100 : les échantillons traités, après 14 jours d'exposition en avril, sont moins altérés que les échantillons non traités après 7 jours; ces derniers, après 14 jours, sont très fortement décolorés. Un échantillon a été traité par de l'acide sulfurique, au lieu d'acide hydroquinone sulfonique, à titre de comparaison; il n'est pas protégé.

Érythrosine B à 1 pour 100 : après 5 jours au soleil, l'échantillon non traité est très altéré; l'échantillon traité ne l'est pas plus, après 5 jours, que le premier après 1 jour.

L'altération des colorants nitrés, qui débute par *un brunissement*, n'est pas arrêtée (acide picrique, jaune naphta, jaune de Martius). Au contraire la décoloration consécutive semble hâtée par la présence de l'antioxygène.

Dans tout ce qui précède, il s'agit d'essais sur laine. Sur coton teint avec des colorants de benzidine, l'effet protecteur de l'hydroquinone est non moins frappant que pour les éosines sur laine.

Du coton teint par la benzoazurine à 5 pour 100 est fortement rougi après 7 jours; un morceau de l'échantillon, traité par l'hydroquinone, reste pratiquement inaltéré.

Des teintures en bleu Dianile marquent la même différence après 4 jours en plein soleil de mai; ces deux cas sont particulièrement nets : le léger brunissement de l'hydroquinone lui-même semble arrêté.

Le rouge Congo est nettement protégé, ainsi que le Congo brillant R, même avec des traces d'hydroquinone.

De nouveaux essais, faits avec la benzopurpurine 4B, le Congo brillant R, le bleu Dianile R, marquent des différences d'altération déjà très nette après 4 jours au soleil de mai.

(¹) L'induline sulfonée (ozine) se comporte comme ces derniers. L'hydroquinone manifeste plutôt pour ces colorants une action *accélératrice* de la dégradation.

De ces premiers faits, on peut déjà tirer quelques conclusions :

1. Tous les azoïques teignant à l'acide, pour laine et pour coton, sont protégés relativement contre l'action de l'air sous l'influence de la lumière, par la fonction *o*- ou *p*-diphénol, que celle-ci fasse ou non partie de la molécule du colorant.

2. Il en est de même de certains colorants acides forts, ceux du groupe des éosines en particulier.

3. Les colorants nitrés ne sont pas protégés. Sans doute la réaction photochimique qui les altère est-elle autre qu'une autoxydation (réduction? neutralisation?).

4. On peut en dire autant des colorants du triphénylméthane, qu'ils soient basiques ou qu'ils teignent à l'acide; leur décoloration n'est peut-être pas une oxydation (réduction, transposition, scission, etc.).

5. Les colorants basiques ne sont pas protégés. Ceci s'explique si l'on admet que le milieu (fibre + colorant) est resté basique : l'hydroquinone n'arrête pas l'autoxydation en milieu basique, elle l'accélère; en effet, une solution alcaline d'hydrosulfite s'oxyde 30 à 40 fois plus vite quand on l'additionne d'hydroquinone.

6. Des essais comparatifs gradués faits avec l'éosine, le congo brillant, ont montré que des proportions d'hydroquinone dépassant dix molécules par molécule *de colorant* sont nécessaires pour obtenir une protection nette. Or l'action catalytique des polyphénols est pratiquement efficace à de très faibles teneurs, ainsi que l'ont montré MM. Moureu et Dufraisse. On en conclut que l'action antioxygène doit porter, pour être efficace, non sur le colorant seul, mais *sur toute la fibre teinte :* ce qui prouve que l'autoxydation de celle-ci joue un rôle actif important dans le phénomène d'altération à la lumière ([1]).

Nos premières observations démontrent définitivement que beaucoup d'altérations à la lumière des colorants sur fibre sont effectivement des autoxydations; elles prouvent qu'il en existe qui sont d'un caractère et d'un mécanisme différent; elles montrent que les premières, les plus nombreuses, tombent sous la protection des antioxygènes : elles ouvrent aux antioxygènes un champ nouveau d'applications, susceptibles de portée pratique, et aussi un champ d'étude théorique; elles fournissent un nouveau procédé d'investigation pour l'étude de la teinture et des matières colorantes.

([1]) Cf. C. Gillet, *Rev. génér. des Mat. col.*, t. 25, 1922, p. 22.

GÉOLOGIE. — *Sur certains caractères du plissement hercynien dans la région Servoz-Les Houches (vallée de l'Arve).* Note de MM. **Paul Corbin** et **Nicolas Oulianoff**, présentée par M. Émile Haug.

Dans une Note antérieure ([1]) nous avons esquissé les traits généraux de la tectonique des Aiguilles Rouges, entre Servoz et Chamonix. Le Carbonifère ([2]) de cette région peut être subdivisé en trois groupes d'après sa position par rapport au massif granitique de Pormenaz :

1° le Carbonifère à l'est de ce granite;

2° celui reposant sur le massif de Pormenaz;

3° enfin, le Carbonifère à l'ouest de la zone du granite de Pormenaz.

Lithologiquement, ces trois groupes de Carbonifère sont assez différents : tandis que dans le troisième nous avons presque exclusivement des schistes argileux et ardoisiers et peu de grès, dans le second et surtout dans le premier groupe, les grès sont fort abondants, passant, par places, aux conglomérats à gros éléments.

Les deux premiers groupes ont déjà été caractérisés, au point de vue tectonique, dans notre précédente Communication. Le Carbonifère est violemment plissé sous la pression de la masse granitique de Pormenaz. La direction des plis est sensiblement N-S. Les couches sont inclinées vers l'E. Pas de charnière. Le substratum cristallin apparaît dans la masse plastique du Carbonifère sous forme de coins, souvent très aigus. Les plis principaux du Carbonifère, au nombre de quatre, s'entassent entre les massifs du Prarion et de Pormenaz, ce dernier constituant un obstacle, contre lequel le Carbonifère s'est trouvé écrasé.

Dans ce plissement se trouve également intéressé le massif granitique de la vallée de l'Arve, entre Les Houches et Servoz ([3]). A l'est et à l'ouest de ce massif, le Carbonifère est presque vertical. Le granite, dans son mouvement,

---

([1]) *Comptes rendus du Congrès géologique international à Bruxelles*, 1923.

([2]) Dans la présente communication, nous attribuons le terme de Carbonifère uniquement à la formation qui, *paléontologiquement*, peut être déterminée comme Carbonifère supérieur (Stéphanien). Le substratum de ce Carbonifère supérieur, dans lequel, jusqu'à présent, on n'a trouvé aucune trace d'organismes, doit être classé dans la catégorie de l'Antéstéphanien ou des schistes cristallins d'âge indéterminé.

([3]) E. Haug, M. Lugeon et R. Corbin, *Sur la découverte d'un nouveau massif granitique dans la vallée de l'Arve, entre Servoz et Les Houches* (*Comptes rendus*, t. 135, séance du 29 décembre 1902).

a percé sa couverture de schistes cristallins (antéstéphaniens) et a pénétré dans la masse du Carbonifère. En étudiant le contact du granite avec sa couverture sédimentaire, on observe que, par places, ce ne sont pas les schistes cristallins, mais le Carbonifère qui touche directement le granite. *Ce contact est toujours tectonique*. Les couches, dans le voisinage du granite, sont courbées, plissées, écrasées. Le microscope permet d'observer un très intéressant phénomène dans les couches du Carbonifère de cette zone de contact tectonique. Sous l'influence d'une forte pression, le quartz, formant des lits dans le Carbonifère argileux, s'est recristallisé. Mais pendant la recristallisation, l'axe optique du quartz a pris une position perpendiculaire à la direction de la pression. Ainsi les grains de quartz par lits entiers (sous le microscope) montrent une orientation optique presque uniforme. Et dans les cas où les schistes du Carbonifère sont encore finement plissés, on remarque que l'orientation optique des grains de quartz, dans ces lits, suit admirablement les sinuosités des lits.

Mais ce n'est pas sans peine que le granite s'est frayé un passage à travers les couches des schistes cristallins et du Carbonifère. Le granite est, en effet, traversé par plusieurs cassures remplies par des matières provenant de l'écrasement ou par du quartz. Ces filons peuvent atteindre une épaisseur de plusieurs mètres (comme celui, par exemple, coupé par la tranchée du chemin de fer entre le pont Sainte-Marie et Servoz). Les filonnets minuscules de quartz, visibles seulement sous le microscope, sont extrêmement nombreux dans ce granite. Les résultats de la forte pression orogénique sont nettement visibles sur les minéraux constitutifs du granite (extinction roulante du quartz, qui est, ainsi que les cristaux des feldspaths, fréquemment brisé). Dans certains endroits, le granite est complètement mylonitisé.

L'étude détaillée des contacts sur le terrain, de même que l'examen des échantillons sous le microscope, nous amènent à la conclusion que le granite de la vallée de l'Arve, entre Les Houches et Servoz, était complètement solidifié avant le second stade du plissement hercynien. Le Carbonifère supérieur, c'est-à-dire la formation à laquelle nous pouvons indiscutablement attribuer cet âge, n'a pas été influencé par un magma granitique quelconque. Il en ressort donc qu'une des conclusions de l'étude antérieure [1] faite dans cette région doit subir une certaine modification, à savoir que le granite des Houches est nettement antérieur au Carbonifère

(1) *Loc. cit.*

supérieur. Les plis-failles, ainsi que les diaclases, grandes ou microscopiques, sont extrêmement nombreux dans toutes les roches de la région. Aussi cette fissuration intense des roches a-t-elle permis aux eaux souterraines de circuler facilement en déterminant ainsi un développement métasomatique intense, soit par exemple silicification, épidotisation, chloritisation, etc., ainsi qu'une métallisation secondaire remarquable sous la forme de pyrite, chalcopyrite, galène, etc. que l'on peut différencier d'une minéralisation pneumatolithique plus ancienne.

GÉOLOGIE. — *Des plissements propres aux schistes cristallins de l'Ahaggar; des Saharides.* Note [1] de M. **Conrad Kilian**, présentée par M. Louis Gentil.

Les plissements propres aux schistes cristallins de l'Ahaggar furent dénommés *Saharides* par Suess en attendant que des explorations ultérieures permissent de les *rattacher* avec certitude aux *Calédonides*.

Maintenant que les observations faites au cours de *notre mission de* 1922 nous ont permis d'*établir les relations des schistes alunifères à Graptolithes avec les schistes cristallins*, de montrer [2] qu'*ils reposent* en discordance (*la discordance tassilienne*) tout le long du bord interne de l'*Enceinte tassilienne* sur ces schistes cristallins par l'*intermédiaire* d'un *complexe important* de grès (grès dits « à colonnettes », grès à « ripple-marks », *grès inférieurs* des Tassilis) supportés par des conglomérats, nous pouvons déclarer que les *schistes cristallins* ont été *plissés avant le Silurien* (vraisemblablement même avant une transgression cambrienne) — *la possibilité de réaliser les espoirs de Suess, de rattacher les Saharides aux Calédonides, se trouve écartée définitivement*, les mouvements saharidiens étant trop antérieurs aux dislocations calédoniennes — et nous *croyons pouvoir admettre* que ces mouvements, les plus récents qui ont plissé les schistes cristallins avant le dépôt de la *couverture tassilienne* qui les recouvre en discordance, sont algonkiens, bref que *les Saharides sont d'âge algonkien.*

Nous faisons d'ailleurs *toutes réserves* sur l'*existence de mouvements antérieurs* [discordance de l'In Kaoukan? [3]] intéressant une partie des schistes

---

(1) Séance du 22 mai 1923.

(2) Voir *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 825; t. 176, 1923, p. 1240.

(3) M. Bütler a observé une légère discordance entre les quartzites de la pyramide de l'In Kaoukan (Anahef) et les schistes cristallins qu'ils surmontent, mais n'a pas constaté la présence de conglomérats (communication orale).

cristallins et qui pourrait être mise en lumière un jour par l'étude approfondie du pays cristallin.

Il convient de faire remarquer que *l'état actuel de plissement des schistes cristallins de l'Ahaggar est le résultat de mouvements complexes.*

Il est possible que pour certains des schistes cristallins les mouvements algonkiens saharidiens se soient déjà superposés à d'autres antérieurs (discordance de l'In Kaoukan).

Après leur plissement par les mouvements algonkiens, les schistes cristallins ont sans doute été intéressés également (dans la partie voisine de l'enceinte tassilienne, tout au moins) et repris par les plissements postérieurs, hercyniens, qui ont affecté cette enceinte tassilienne et dont nous parlerons dans une prochaine Note. On ignore si ces mouvements qui ont plissé l'enceinte tassilienne n'ont pas intéressé tout l'Ahaggar et n'y ont pas eu une grande ampleur. L'Ahaggar tel que nous le voyons aujourd'hui pourrait être le résultat de la mise à nu, par décapage, du « Cristallin », d'un vaste bombement hercynien ridé sensiblement NS.

Cet immense dôme, décapé et privé actuellement de sa couverture primaire (¹), fut même peut-être une région de grands plissements hercyniens, les régions anticlinales de l'enceinte tassilienne ne représentant alors que les terminaisons, mourant vers le Nord, de vastes rides de ce dôme, qui, beaucoup plus accentuées dans les régions Ahaggariennes, allaient éventuellement jusqu'au déversement « passaient peut-être à des nappes de charriages ».

Enfin il semble que le « pays cristallin » ait été le théâtre d'*effondrements* en relation avec les phénomènes volcaniques dont il sera question dans un autre travail.

Il est donc *difficile de déterminer*, dans l'état actuel de plissement des schistes cristallins, *la part exacte des plissements algonkiens*, saharidiens et leurs caractéristiques.

On a parlé d'une direction générale subméridienne des plissements saharidiens.

On constate en effet que beaucoup de crêtes de schistes cristallins sont orientées dans des directions voisines de la direction NS, *mais toujours avec une tendance à dévier vers NW-SE.*

A cette direction dominante NNW-SSE ne semble pas être étrangère la direction générale qui fut celle des mouvements algonkiens, des Saharides, dans le nord et le centre de l'Ahaggar.

Mais il convient de faire remarquer que nous ne connaissons ces plisse-

---

(¹) On ne sait si la couverture tassilienne a couvert tout l'Ahaggar dans l'absence de témoins de cette couverture reconnus à ce jour au centre du pays cristallin. Il n'est pas impossible qu'une partie de l'Ahaggar soit restée émergée depuis les très lointains temps algonkiens.

ments algonkiens que par des régions septentrionales et centrales de l'Ahaggar. Cela ne constitue qu'un aperçu relativement local et il est possible que d'autres explorations nous apprennent qu'ils montrent ailleurs une autre direction dominante, qu'ils soient par exemple plus ou moins disposés « en virgations ».

L'exploration de la région entre l'Ahaggar et le Tibesti serait très intéressante à ce sujet, ainsi que celle des pays cristallins de l'Eglab et d'Amseïga (à l'ouest d'Atar) en Mauritanie.

Ainsi cette direction NNW-SSE qui dans l'Ahaggar n'est déjà pas absolument générale (nous avons constaté l'existence de chaînons dirigés presque WNE-ESW à l'est de la Gara Houlane dans l'Edjéré) ne peut encore être considérée comme la direction générale des Saharides.

La démonstration de l'existence d'un « faîte ancien » algonkien sous la latitude du Tropique du Cancer est un élément de base nouveau pour l'édification des théories orogéniques et pour l'étude de la répartition des continents aux différentes époques. Elle apporte même ainsi une contribution utile aux progrès de la Géologie générale de la Terre.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Géraniacées. Développement de l'embryon chez l'*Erodium cicutarium *L'Hérit.* Note de M. **René Souèges**, présentée par M. L. Guignard.

Les lois qui président au développement de l'embryon, chez l'*Erodium cicutarium*, sont à peu près identiques à celles qui ont déjà été observées chez le *Geum urbanum* [1]. Comme dans cette dernière espèce, la cellule basale du proembryon bicellulaire se divise par une paroi transversale en deux cellules superposées, *m* et *ci*, et la cellule apicale se sépare, par une paroi toujours oblique, en deux éléments juxtaposés *a* et *b* (*fig.* 2). Aux dépens de cette tétrade se constitue peu après un proembryon hexacellulaire par segmentation transversale de la cellule *ci*, longitudinale de la cellule *m* (*fig.* 3). La cellule *a* se divise ensuite par une paroi oblique, normale à la précédente; l'élément *b* à son tour se partage par une paroi verticale méridienne. Les quatre éléments ainsi engendrés viennent occuper les

---

(1) R. Souèges. *Embryogénie des Rosacées. Les premiers stades du développement de l'embryon chez le* Geum urbanum *L.* (*Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1070). *Les derniers stades du développement* (*Ibid.*, p. 1197).

quatre sommets d'un tétraèdre, et, à la partie supérieure du proembryon, à ce moment octocellulaire (*fig.* 5), apparaît une cellule, *e*, identique par son origine et par ses fonctions à l'épiphyse du *Geum urbanum*. Le proembryon octocellulaire se divise en quatre étages,, *q*, *m*, *n* et *n'*, dont les destinées peuvent être ainsi sommairement indiquées : *q* correspond à la partie cotylée, *m* à la partie hypocotylée, *n* représente l'hypophyse et *n'* le suspenseur.

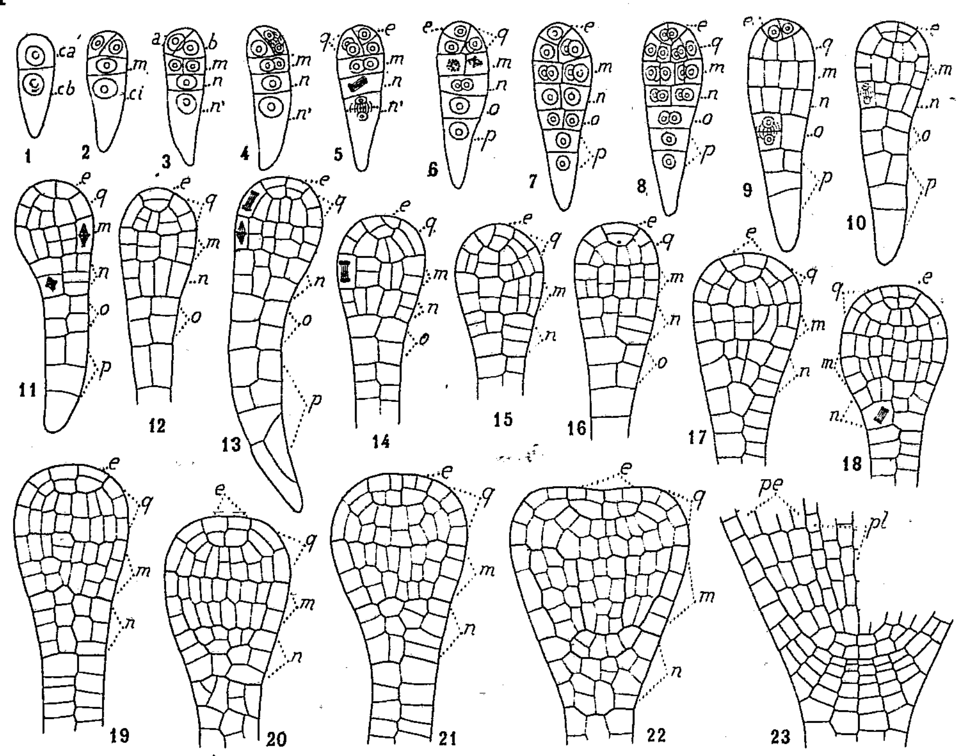


Fig. 1 à 23. — *Erodium cicutarium* L'Hérit. — Les principales étapes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *m*, cellule intermédiaire de la tétrade ou étage du proembryon engendrant l'hypocotyle; *ci*, cellule inférieure de la tétrade; *q*, étage supérieur du proembryon donnant naissance à la partie cotylée; *a* et *b*, les deux cellules supérieures juxtaposées de la tétrade; *e*, épiphyse; *n* et *n'*, cellules filles de *ci* représentant les deux étages inférieurs du proembryon octocellulaire; *o* et *p*, cellules filles de *n'*; *pe*, périblème; *pl*, plérome. Gr. : 200.

Les figures 6 à 22 peuvent donner une idée de la marche des segmentations dans ces quatre étages proembryonnaires. L'épiphyse se divise par une première paroi verticale (*fig.* 9), ou oblique (*fig.* 14), ou tangentielle (*fig.* 12), à laquelle succèdent des cloisons perpendiculairement orientées; il se forme de la sorte deux tétrades circumaxiales superposées (*fig.* 13, 18, 19) qui représentent les premières cellules de l'épiderme et de l'écorce au sommet de la tige. Les trois cellules sous-épiphysaires (*fig.* 7),

par des parois verticales (*fig.* 8 à 10), puis transversales (*fig.* 11 à 22), donnent naissance à deux assises cellulaires, aux dépens desquelles s'érigent le méristème vasculaire de la tige et les tissus cotylédonaires. Les quatre éléments de l'étage *m* (*fig.* 7) se segmentent de même longitudinalement (*fig.* 8, 9), puis transversalement (*fig.* 10 à 17), pour engendrer tout d'abord deux assises cellulaires très nettes. De nouvelles cloisons transversales apparaissent ensuite dans l'une ou l'autre de ces deux assises, de sorte que, au moment de la formation des protubérances cotylédonaires (*fig.* 21, 22), il se constitue généralement trois couches cellulaires dans cette région; c'est seulement à cette période du développement que l'on peut distinguer les premiers indices de la différenciation des histogènes.

Les deux éléments de l'étage *n* (*fig.* 7) par deux cloisons cruciales méridiennes donnent quatre cellules circumaxiales (*fig.* 8); celles-ci, après de nouvelles cloisons verticales (*fig.* 9), se segmentent transversalement pour engendrer deux assises superposées (*fig.* 10 à 13). On peut dire que, d'une manière générale, les cellules centrales de l'assise supérieure, telles qu'on peut les distinguer en 13 et 16, donneront naissance aux initiales de l'écorce au sommet radiculaire, tandis que toutes les autres cellules de l'étage participeront à la construction de la coiffe. Ces cellules centrales se segmentent longitudinalement (*fig.* 17, 18), mais elles peuvent aussi se diviser transversalement (*fig.* 19 à 22) de manière à donner naissance à deux assises d'initiales d'écorce. Les autres cellules se cloisonnent également de diverses manières pour engendrer un massif cellulaire, parfois très irrégulier, dont les éléments s'orientent néanmoins, pendant la croissance des cotylédons, en rangées rayonnantes très nettes où prédominent les segmentations tangentielles et centripètes (*fig.* 23).

Enfin la cellule *n'* (*fig.* 4, 5) se sépare par une paroi transversale en deux éléments superposés *o* et *p* : le premier, par deux cloisons cruciales méridiennes, donne quatre cellules circumaxiales, tandis que le deuxième subit des segmentations analogues à celles de la cellule mère *n'*. Par multiplication des éléments ainsi engendrés se différencie finalement un suspenseur massif, allongé, dont la région supérieure vient se confondre avec la portion inférieure de l'étage *n*, au point qu'il n'est pas possible de dire si les éléments issus de *o* concourent à la formation de la coiffe, ou si, inversement, les cellules tirant leur origine de *n* contribuent à la construction du suspenseur. D'une manière générale, d'ailleurs, dans les derniers temps de la vie proembryonnaire, les limites entre les différents étages tendent à s'effacer et ce n'est que dans des coupes assez heureusement orientées de certaines formes bien régulières que les assises peuvent être facilement comptées et les étages nettement délimités.

On voit, somme toute, que l'origine, la composition cellulaire et les destinées des quatre étages du proembryon octocellulaire sont semblables chez l'*Erodium cicutarium* et chez le *Geum urbanum*, avec cette légère différence toutefois que *n* peut très bien ne pas contribuer à l'édification du suspenseur. Chez les deux espèces, on observe la différenciation d'une épiphyse dont l'origine et les fonctions sont absolument identiques.

BOTANIQUE. — *Sur la limite de la végétation dans la Manche, d'après les dragages effectués par le* « Pourquoi-Pas? ». Note de M. G. **Hamel**, présentée par M. L. Mangin.

Divers algologues, et notamment les frères Crouan, ont cherché à recueillir par dragages les algues vivant dans la région sublittorale, c'est-à-dire celles qu'il est impossible d'atteindre à marée basse. Cependant, soit que les travaux aient été limités à une région trop étroite, soit que les dragages aient été trop peu nombreux, aucun n'a jamais indiqué quelle était la limite inférieure de la végétation dans la Manche.

Grâce à l'obligeance du commandant Charcot, j'ai pu suivre la croisière entreprise par le *Pourquoi-Pas?* aux mois d'août et septembre 1921, pendant laquelle 39 dragages furent effectués entre 15^m et 150^m, en divers points de la Manche occidentale, assez éloignés les uns des autres pour permettre de tirer quelques conclusions.

De ces 39 dragages, 9 furent faits entre 15^m et 20^m, 5 entre 21^m et 30^m, 7 entre 31^m et 40^m, 3 entre 41^m et 50^m, 9 entre 51^m et 100^m, 5 entre 101^m et 150^m

Voici la liste des algues recueillies; les chiffres indiquent les profondeurs au-dessous du 0 des cartes; elles étaient toutes fixées sur des roches arrachées, sur des pierres ou des coquilles rapportées par la drague :

Calliblepharis ciliata (Huds.) Kütz. (20-30-35).
Sphærococcus coronopifolius (W et G.) Ag. (15-20-28 avec cystocarpes - 30).
Halurus equisetifolius (Lightf.) Kütz (25-30-32-35).
Nitophyllum laceratum (Gm.) Grév. (15-25 avec cystocarpes, 28 avec tétrasporanges - 30).
Plocamium coccineum (Huds.) Lyngb. (15-25-30-32-35).
Monospora pedicellata (Sm.) Sol. (20-25 avec monospores).
Griffithsia corallina (Lightf.) Ag. (20 avec tétrasporanges).
Rhodomela subfusca (Wood.) Ag. (20-25-30-32-35).
Gracilaria compressa (Ag.) Grév. (25 avec cystocarpes).
Rhodophyllis bifida (G. et W.) Kütz (28-35 avec cystocarpes, sur Ascidies).
Rhodophyllis appendiculata J. Ag. (20-25-32 sur Ascidies).
Meredithia microphylla J. Ag. (28-32).
Halarachnion ligulatum (Wood.) Kütz (28-35 avec cystocarpes).
Cordylectadia erecta (Grév.) J. Ag. (20-25).
Delesseria hypoglossum (W.) Lamour. (32-35).

Delesseria ruscifolia (Turn.) Lamour. (28-35 sur Ascidies).
Delesseria sanguinea (L.) Lamour. (30).
Heterosiphonia coccinea (Huds.) Falk. (15-20-30-35).
Rhodymenia palmetta (Esp.) Grév. (25).
Phyllophora rubens (L.) Grév. (28-32).
Furcellaria fastigiata Huds. (32-35).
Brongniartella byssoides (G. et W.) Schm. (20-25).
Rhodochorton membranaceum Magnus (35 sur Sertulaire).
Cruoriella Dubyi (Crouan) Schm. (20-25-28-30-35).
Cruoria purpurea Crouan (15-20-25-35 sur le maerl).
Mélobésiées nombreuses jusqu'à 45^m.
Dictyota dichotoma (Huds.) Lamour. (25-30-32 avec tétrasporanges - 35).
Desmarestia ligulata (Lightf.) Lamour. (20).
Haliseris polypodioides (Desf.) Ag. (35).
Aglaozonia parvula Zonard. (15-20-25-30-32-25 sur coquilles de Pecten et de Lutraires).
Lithoderma fatiscens Aresch. (20-28-30-32 sur cailloux).
Ostreobium Queketti Born. et Fl. (15-20-25-30).

Au total 25 Floridées, 5 Phéophycées, 1 Chlorophycée.

Dans le tableau qui précède, on peut constater l'absence de toute Chlorophycée, à l'exception de l'*Ostreobium Queketti* qui envahissait les coquilles de *Lutraria* et de *Tapes* jusqu'à 30^m. Dans un dragage effectué dans l'Atlantique aux Glénans, j'ai trouvé une belle Ulve par 12^m de profondeur, mais les dragages du *Pourquoi-Pas?* ne m'en ont rapporté aucune.

On croyait, surtout depuis Œrstedt, que les Chlorophycées, les Phéophycées et les Floridées formaient des sortes de ceintures assez nettes, n'empiétant que peu les unes sur les autres. En réalité, si elles sont beaucoup moins nombreuses, les Phéophycées descendent presque aussi bas que les Floridées. J'ai recueilli un très bel échantillon de *Dictyota dichotoma* avec tétrasporanges par 32^m. et un autre par 35^m. L'*Haliseris* fut rapporté par la drague non fixé, cependant son état de fraîcheur m'a fait penser qu'il avait été pris sur place. Les cailloux jusqu'à 32^m portaient de larges plaques noires de *Lithoderma* et sur presque toutes les coquilles jusqu'à 35^m on voyait les thalles découpés et rampants de l'*Aglaozonia*. Les Floridées sont beaucoup plus abondantes : Il est curieux de remarquer que les plus beaux échantillons que j'ai trouvés par 35^m sont des *Calliblepharis*, des *Sphærococcus*, des *Rhodomela* et des *Plocamium*, algues que l'on trouve communément à basse mer.

Les algues qui sont le mieux adaptées pour vivre dans ces profondeurs

sont des formes aplaties, rampantes, comme les *Aglaozonia*, les *Lithoderma*, les Squamariées et les Mélobésiées, ou même perforantes comme l'*Ostreobium*. Les Mélobésiées sont surtout abondantes et furent recueillies jusqu'à 45^m de profondeur, alors qu'aucune autre algue ne fut draguée au delà de 35^m.

Les 14 dragages et les nombreux sondages effectués au delà de 45^m ne m'ont montré aucune trace de végétation. Or, comme la Manche a une profondeur moyenne d'environ 80^m, on peut en conclure que toute végétation en est absente (à l'exception des Diatomées et des algues du plancton) et que les algues sont limitées à une zone littorale supérieure à 45^m environ, formant une bande plus ou moins étroite le long des côtes.

Ce chiffre de 45^m correspond d'ailleurs aux observations publiées par les algologues danois. M. Rosenvinge, au Groenland, a trouvé la limite de la végétation entre 35^m et 50^m. M. Börgesen, dans les parages des îles Feroë, indique 45^m. Il est intéressant de rappeler ici qu'il y a plus de 100 ans, en 1820, d'Orbigny disait déjà que dans le golfe de Gascogne les algues ne dépassaient pas une profondeur de 100 pieds.

Par contre, dans la Méditerranée (d'après les renseignements publiés par M. Sauvageau), Rodriguez, qui a longtemps dragué autour des Baléares, a trouvé des algues jusqu'à 200^m. Quelle est la cause d'une différence aussi accentuée? Il est certain qu'il faut voir dans la pénétration de la lumière à travers la masse d'eau salée, le facteur le plus important pour la répartition des algues en profondeur. Or, la Méditerranée n'ayant ni les marées, ni par suite les courants violents de la Manche, ses eaux sont plus pures, moins chargées de particules en suspension, et c'est peut-être là qu'il faudrait chercher la raison d'une différence aussi profonde.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur l'origine des gisements de nitrate du Chili.* Note de M. **Jules Stoklasa**, présentée par M. Lindet.

Les gisements de nitrate du Chili se trouvent surtout dans la province de Tarapaca. Le salpêtre brut qui est appelé « caliche » constitue la matière première d'où l'on extrait le nitrate; on en distingue trois qualités de richesses variables qui contiennent, la meilleure 40 à 50 pour 100 de nitrate de soude, la moyenne 30 à 40 pour 100 et la plus faible 17 à 30 pour 100.

La partie superficielle des terrains salpêtrifères forme généralement une couche, appelée « chuca » et « loza ». La couche inférieure est constituée

par un conglomérat rocheux, formé d'argile, de gravier, de porphyre, agglutinés par des sulfates de potassium, de sodium et de magnésium et des chlorures de potassium et de sodium. Cette couche est appelée « costra ».

Si l'on compare la composition de la « caliche » supposée exempte de nitrates et celles de la « costra » et de la « chuca » avec la composition des produits éruptifs que j'ai pu récolter lors de la dernière éruption du Vésuve et de l'Etna, on constate entre les résultats des analyses une analogie frappante. Celle-ci est surtout remarquable pour la composition de la « caliche » et celle des cendres rouges et grises, des fragments de laves, des lapillies et des bombes que j'ai recueillies le 9 avril 1906.

Comme j'ai pu le constater à cette époque, les laves en ignition contiennent de fortes quantités de chlorure d'ammonium. A la surface des laves encore chaudes et récemment pétrifiées, on trouve sous forme de petits dépôts salins groupés et même sous forme de plaques, du chlorure d'ammonium mélangé d'un peu de chlorures de potassium, de sodium et de fer, et de sulfates de potassium et de sodium.

Ces dépôts salins cristallisés, trouvés en grande quantité dans les laves, à Boscotrecase, par exemple, ont (séchés à 100°) la composition suivante :

	Partie soluble dans l'eau (en pour 100).		Partie insoluble dans l'eau (en pour 100).
N	18,65	Al^2O^3	0,09
Cl	52,62	FeO	0,48
SO^3	0,22	Na^2O	1,17
Fe^2O^3	0,08	K^2O	1,00

La partie soluble dans l'eau représente 24,02 pour 100 de la matière analysée. Il ressort de ces analyses que ces dépôts cristallins contiennent surtout des chlorures d'ammonium, de sodium et de potassium ainsi que des sulfates de potassium et de sodium.

Des morceaux de lave recueillis de suite après leur pétrification renferment 2 à 4 pour 100 de corps solubles dans l'eau, qui sont surtout des chlorures d'ammonium, de potassium et de sodium dans les proportions suivantes :

KCl	12,34 pour 100
NaCl	11,21 »
NH^4Cl	76,30 »

Toutes les matières rejetées par les volcans contiennent toujours de l'azote sous forme ammoniacale. D'après nos observations, les gaz qui

s'échappent du cratère des volcans contiennent, outre l'ammoniac, des acides sulfhydrique, chlorhydrique et fluorhydrique, du gaz carbonique et de la vapeur d'eau, tandis que les matières solides rejetées : cendres grises et rouges, lapillies, bombes et laves sont constituées par les éléments suivants : H, O, S, F, Cl, I, Sb, As, Ph, Bo, Si, Na, Ca, Sr, Ba, Mg, Zn, Al, Ti, Fe, Ni, Co, Mn, Mo, Ph et Bi.

Près du cratère du Vésuve, ainsi qu'à Atrio del Cavallo, nous avons trouvé des dépôts salins constitués surtout par des sulfates et des chlorures; dans les environs de Naples, on rencontre en divers endroits des cristaux de nitrates.

En étudiant la composition de la *caliche*, de la *chuca*, de la *loza* et de la *costra*, nous avons observé que toutes les matières sont radioactives et nous avons pu mesurer dans la *caliche* des radioactivités allant de 99×10^{-12} à 80×10^{-12} de Ra par gramme de substance. De même tous les produits volcaniques sont radioactifs. Dans les lapillies, bombes, blocs et morceaux de lave ramassés en 1906, nous avons mesuré des radioactivités de $6{,}95 \times 10^{-12}$ à 16×10^{-12}.

Ce qui n'est pas moins intéressant, c'est que dans le voisinage des volcans éteints de Bohême, de Kammerbuhel et d'Eisenbuhel, près de Cheb (Eger), on trouve encore çà et là des produits volcaniques qui sont tous radioactifs.

Plusieurs hypothèses ont été émises sur l'origine des gisements de nitrate : la première les attribue à des accumulations d'excréments et de cadavres d'animaux qui se sont décomposés par la suite. Une autre hypothèse fut émise par C. Nœllner en 1868; selon lui, les nitrates proviendraient de l'accumulation de plantes sous-marines (algues et varechs), car ces plantes contiennent toujours de l'iode et l'on trouve également de l'iode dans la « caliche »; mais l'iode se trouve aussi dans les produits volcaniques, ainsi que l'ont démontré Gaultier et Matteuci.

Notre opinion est toute différente des précédentes : les énormes quantités d'azote que représentent des gisements du Chili ne peuvent être que d'origine volcanique et cela est d'autant plus vraisemblable, qu'ils se trouvent concentrés dans les contrées où l'activité volcanique est très intense. Ces énormes masses d'azote ammoniacal, rejetées par les volcans ont été, comme Müntz l'a montré, nitrifiées par voie biochimique, et la rapidité de cette nitrification est explicable, par la radioactivité du milieu.

En effet, des expériences que nous avons entreprises sur l'influence de la radioactivité dans la nitrification nous ont donné les résultats suivants :

Dans le cas où nous faisions passer un courant d'air radioactif de

$$90 \text{ curies} = 36090 \times 10^{-12} = 0^{mg},000036,$$

la nitrification fut si active qu'en 20 jours 79 pour 100 de l'ammoniac étaient nitrifiés, tandis que dans un essai où l'air n'était pas chargé de matières radioactives, on ne put nitrifier que 26 pour 100 au maximum de l'ammoniac pendant le même laps de temps.

Il ne paraît pas vraisemblable que de si grandes quantités d'azote puissent provenir de plantes sous-marines. J'ai calculé en effet que lors de sa dernière éruption, le Vésuve avait dû rejeter environ 5 millions de quintaux d'azote ammoniacal. Peut-on imaginer une masse d'algues assez considérable pour donner autant d'azote? Cela ne paraît guère possible. D'autre part il est notoire que les dépôts marins sont extrêmement pauvres en substances radioactives. La radioactivité des gisements de nitrate ne peut donc s'expliquer que par leur origine volcanique. En maints endroits la « caliche » mesure jusque 1600.10^{-12} de Ra par gramme.

Des essais de fumure de la betterave à sucre avec du nitrate de soude chimiquement pur, du nitrate de soude synthétique et du nitrate du Chili, en donnant bien entendu des quantités d'azote équivalentes, nous ont montré que le nitrate du Chili donne un excédent de récolte et, qu'en général, il exerce une action plus stimulante que les autres engrais azotés, sur le développement des plantes. Pour la betterave, cette action peut être attribuée en partie à l'iode qu'il contient sous forme de $NaIO^3$ et de $NaIO^4$, car l'ancêtre de notre betterave, la *Beta maritima*, était une plante des climats maritimes. Nous attribuons surtout l'efficacité du nitrate du Chili à son origine volcanique, car il reste toujours radioactif.

PHYSIOLOGIE. — *Étude du scorbut produit par un régime complet et biochimiquement équilibré, uniquement dépourvu de facteur* C. Note de M. **J. Lopez-Lomba** et Mme **Randoin**, présentée par M. Henneguy.

On ne peut étudier l'une quelconque des avitaminoses connues qu'à la condition d'employer un régime renfermant, en proportions convenables, tous les éléments indispensables, sauf le facteur à examiner. Nous avons constitué un tel régime, uniquement privé de facteur C et nous en avons publié la formule dans une Note récente (*Comptes rendus*, 1923, p. 1003).

Afin d'éviter une chute de poids initiale et des troubles résultant d'un

changement brutal de régime, nous substituons progressivement la nourriture nouvelle (purée très épaisse) à l'ancienne (légumes frais et son) et, lorsque nous commençons l'expérience, les animaux, parfaitement habitués à notre bouillie, ont un excellent appétit qu'ils conservent jusqu'à la fin.

Les jeunes Lapins absorbent de 200^g à 300^g de nourriture par jour et les Cobayes, de 80^g à 150^g (¹). Pendant la dernière période de la maladie, la veille même de leur mort, ceux-ci en ingèrent encore une quantité largement suffisante (de 50^g à 100^g), malgré le mauvais état de leurs dents, car la consistance pâteuse de l'aliment leur permet de se nourrir selon leur appétit.

Pour obtenir un régime complet qui assure aux jeunes une croissance normale et aux adultes une excellente santé, il suffit d'ajouter chaque jour à la ration 3$^{cm^3}$ de jus de citron ou de jus d'orange. [Exemples, en *traits épais*, sur le graphique : *Cobaye* n° 50 (jus de citron), *Cobaye* n° 98 (jus d'orange), *jeune Lapin* n° 82 (jus de citron à partir du 54e jour seulement).]

Symptômes observés au cours de l'avitaminose C. — A. *Variations de poids.* — Chez les jeunes, la croissance se poursuit pendant un temps plus ou moins long suivant l'âge : de 15 à 18 jours pour des Cobayes de 250^g à 350^g, de 12 à 15 jours pour ceux qui pèsent de 350^g à 450^g, etc. La croissance des très jeunes se fait même plus rapidement que celle des animaux normaux de même âge (*Cobaye* n° 73).

Après un arrêt assez brusque, on observe une période d'oscillation de quelques jours, puis une chute de la courbe jusqu'à la mort, laquelle se produit lorsque l'animal a perdu de 12 à 20 pour 100 de son poids initial s'il est très jeune, de 20 à 30 pour 100 s'il pesait déjà de 300^g à 500^g au début de l'expérience.

Pour les Lapins jeunes, mêmes remarques générales. La période de croissance dure plusieurs semaines (38 jours environ pour un Lapin de 600^g), puis la baisse de la courbe se produit ensuite.

Chez les adultes (Cobayes), on note le maintien du poids pendant un temps plus ou moins long, puis une chute de la courbe relativement rapide (*Cobaye* n° 76). A la mort, la perte de poids est beaucoup plus considérable que chez les jeunes; elle est de 30 à 40 pour 100 en moyenne.

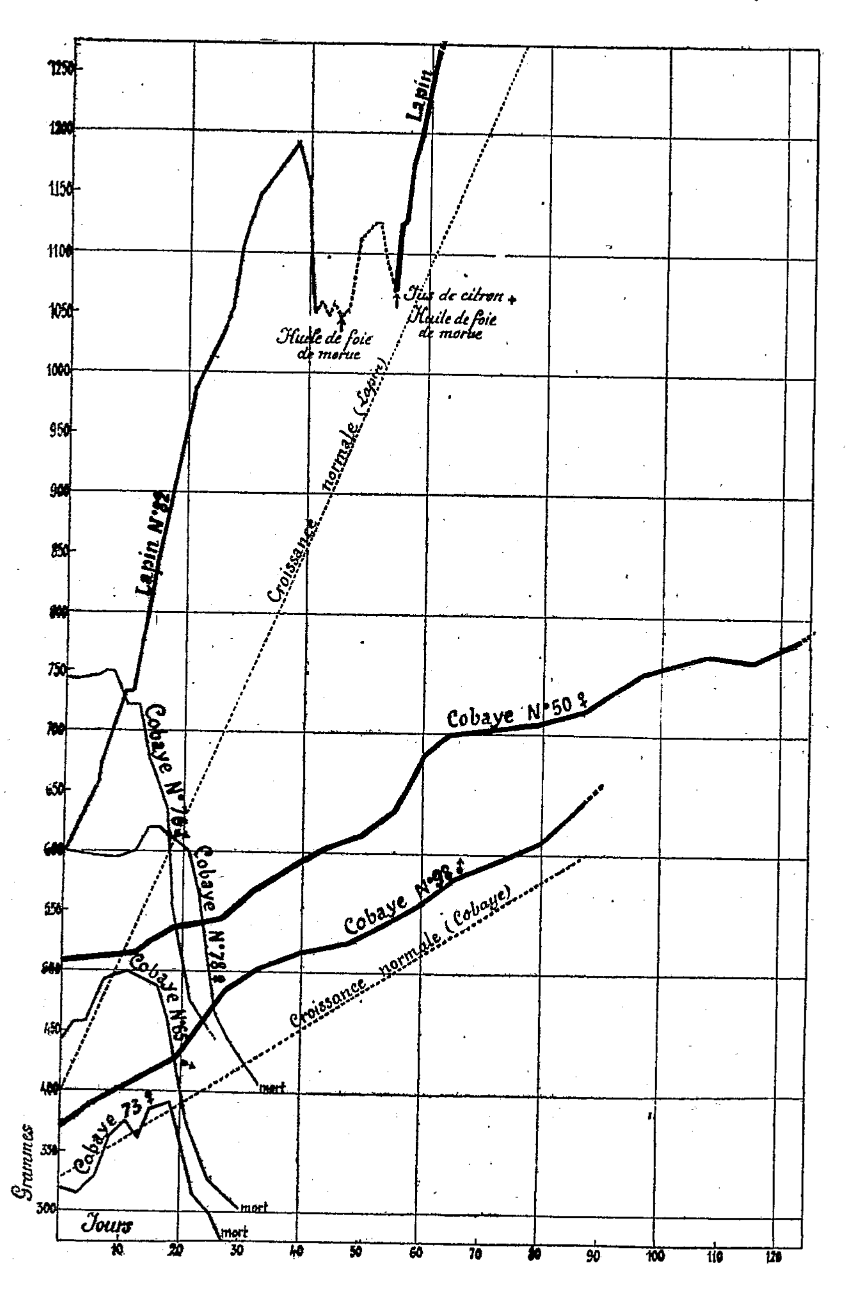
Quant aux Lapins adultes, la privation de facteur C ne semble pas déterminer chez eux de trouble appréciable. (Exemple : *Lapin* n° 82, privé de jus de citron depuis plus d'un mois; pèse actuellement 2^{kg},060.) On sait qu'il en est de même pour les Rats et les Pigeons.

B. *Autres symptômes.* — 1° Rien d'anormal pendant les 5 ou 6 premiers jours. 2° Ensuite, agitation très particulière, mouvements nerveux, polyurie (jusqu'au 15e ou 17e jour). 3° Entre le 15e et le 20e jour, augmentation des ingesta qui atteignent à ce moment leur maximum; gonflement des articulations des membres postérieurs,

---

(¹) Dans toutes nos expériences, le poids des ingesta a été déterminé chaque jour, pour chaque animal, aussi exactement que possible.

puis de celles des membres antérieurs (symptôme beaucoup plus net chez les jeunes); début de la diarrhée; état de somnolence succédant à l'état d'excitation. 4° Du 20e jour



environ jusqu'à la fin, accentuation de tous ces symptômes : articulations de plus en plus enflées, souvent fractures spontanées aux pattes (chez les jeunes), selles de plus

en plus fluides et très hémorragiques pendant les derniers jours; baisse de la température centrale ; *maintien de l'appétit;* mort se produisant du 26e au 33e jour.

Examen anatomique. — Comparaison entre les poids de certains organes appartenant à des Cobayes morts de scorbut et les poids des mêmes organes appartenant à des individus ayant reçu du jus de citron ou d'orange.

Le symptôme le plus général, à première vue, est le fait que les molaires sont branlantes et peuvent s'arracher sans effort. Tous les auteurs l'ont observé, et nous-mêmes, sur des Cobayes scorbutiques *de tous âges*.

Ce qui semble bien caractériser l'avitaminose C, ce sont les *troubles de la circulation capillaire* dus aux altérations des endothéliums vasculaires (Findlay). La moelle des os est congestionnée et présente dans certaines régions de multiples foyers hémorragiques. Les os, amincis, sont devenus fragiles et, chez les jeunes, l'on aperçoit assez souvent des fractures.

C'est encore chez les jeunes que l'on observe au maximum des congestions et des hémorragies nombreuses dans divers organes, en particulier : régions périarticulaires des pattes, poumons, intestins, foie, reins, capsules surrénales, thyroïdes.

L'état congestif des gencives est surtout net chez les Cobayes adultes.

Nous avons pesé les organes de tous nos Cobayes scorbutiques et, parallèlement, ceux d'une partie de nos témoins au jus de citron (adultes principalement) que nous avons dû par conséquent sacrifier. Tous les poids des organes furent rapportés au kilogramme du poids initial des animaux.

Nous avons constaté nettement chez les scorbutiques une augmentation importante du poids des *capsules surrénales* et des *thyroïdes* (40 et 50 pour 100 environ chez les adultes). Peu ou point de variations pour les *reins* et la *rate*. Les *testicules* ont également peu varié; ils n'ont subi qu'une faible diminution (12 pour 100 en moyenne). Le *foie* a perdu environ 28 pour 100 de son poids et le *thymus*, un peu plus de 50 pour 100.

PHYSIOLOGIE. — *La tension superficielle, le gonflement et la narcose.* Note de M. **W. Kopaczewski**, présentée par M. H. Vincent.

Nous avons établi précédemment [1] que la presque totalité des narcotiques abaisse la tension superficielle de l'eau et du sérum, et que, durant la narcose, cette tension diminue également.

---

[1] W. Kopaczewski, *Archivio di Scienze biolog.* vol. 3, 1922, p. 253.

De plus, d'autres substances, diminuant la tension superficielle, telles que les peptones, les savons, les saponines, produisent la narcose, ainsi que cela résulte des travaux de Kobert, Nolf, Chevalier, etc. (1).

Toutefois, certains narcotiques tels que la morphine, les sels de magnésium, les bromures et les iodures alcalins, n'abaissent pas la tension superficielle. Ce facteur ne semble donc pas conditionner à lui seul le phénomène de la narcose. En rapprochant ces exceptions des résultats de Hoeber, de Lapicque et Legendre (2), d'après lesquels on observe le gonflement du cylindraxe nerveux durant la narcose, il était intéressant de savoir si, dans le cas où l'abaissement de la tension superficielle n'intervient pas, il ne s'agit pas de modification du degré de gonflement.

Nos expériences sur le gonflement ont été effectuées de la façon suivante :

Des bandelettes de gélatine du commerce, coupées dans la même plaque, ayant une longueur de 3^{cm} ou de 5^{cm}, une largeur de 1^{cm} ou de 2^{cm} et une épaisseur de 1^{mm} ou de 2^{mm}, ont été plongées, pendant 24 heures, dans différentes solutions à la température de 37° C. Après ce temps, on vidait les vases et on glissait les bandelettes sur un tamis; puis on les séchait extérieurement entre plusieurs épaisseurs de papier filtre. Les différences de volumes mesurées au compas permettent de calculer le degré de gonflement et l'influence sur ce processus des différentes substances.

La première constatation que nous avons faite est *l'absence de parallélisme* entre la tension superficielle des substances narcotiques et le degré de gonflement de la gélatine. Cette première constatation est en contradiction formelle avec les résultats publiés par Knoevenagel (3).

La seconde constatation nous intéresse particulièrement; les sels de magnésium, doués, comme on le sait depuis les travaux de Moeltzner, d'un pouvoir narcotique, ainsi que les iodures (dont les propriétés narcotiques ont été soupçonnées par Binz) (4), augmentent, dans des conditions notables, le gonflement de la gélatine.

Mais l'objection suivante doit être formulée : peut-on assimiler le gonflement de la gélatine au gonflement du cylindraxe nerveux? Nous avons été conduit à expérimenter, comparativement avec la gélatine, les tiges de laminaires et les cordes à boyaux.

---

(1) W. Kopaczewski, *Arch. Internat. Physiol.*, vol. 21, 1923, p. 1.

(2) Lapicque et Legendre, *Journ. de Physiol.*, vol. 21, 1922, p. 163.

(3) Knoevenagel, *Koll. chem. Beihefte*, 1920-1922.

(4) Binz, *Archiv. f. exper. Pathol.*, vol. 8, 1877-1878, p. 309, et vol. 13, 1881, p. 113.

Dans ces conditions on constate que, suivant la nature de la substance, le degré de gonflement varie et que, d'autre part, *aucun parallélisme* n'existe entre la tension superficielle et le degré de gonflement.

Nos.	Substances.	Concentration pour 100.	Gonflement pour 100. Gélatine.	Laminaire.	Corde.
1.	H^2O............	"	"	"	"
2.	Eau de mer.......	Pure	+ 16,0	"	"
3.	Ether............	1	+ 6,2	+ 3,9	0
4.	Hydrate d'amyle..	1	− 15,6	+37,6	"
5.	Morphine........	2	+ 13,3	"	+27,8
6.	NaI.............	10	+198,0	+54,2	+ 9,2
7.	NaBr............	10	+ 9,7	+78,8	"
8.	$MgCl^2$...........	10	+ 84,5	−65,0	"
9.	$MgSO^4$..........	10	+ 17,9	−32,0	"

Il est donc impossible de tirer de ces expériences une conclusion à propos des gels du cylindraxe nerveux. Ainsi, le gonflement des gels colloïdaux ne paraît pas, à lui seul, donner l'explication du mécanisme de la narcose.

Les auteurs ont envisagé, jusqu'ici, la question de la narcose uniquement au point de vue de la membrane et de sa perméabilité; l'action de la substance, une fois la couche périphérique franchie, sur le contenu cellulaire a été perdue de vue. Pourtant d'autres facteurs peuvent intervenir, car les recherches de Heilbrunn ([1]) ont démontré l'existence des phénomènes de floculation ou de coagulation des colloïdes à l'intérieur des cellules. Ainsi, dans la narcose, par la nature même de la cellule, deux sortes de phénomènes peuvent entrer en jeu, concernant : 1° la pénétration des substances étrangères; 2° les modifications produites par elles à l'intérieur de la cellule.

En ce qui concerne le premier stade, tous les facteurs réglant la perméabilité de la couche frontière de la cellule [tension superficielle, degré de dispersion, gonflement, osmose électrique ([2]), etc.] y jouent un rôle.

Dans la phase succédant à cette pénétration, des phénomènes de coagulation, de floculation et d'adsorption sélective peuvent entrer alors en action.

L'abaissement de la tension superficielle du milieu humoral, la répartition des ions, le gonflement du cylindraxe nerveux, la coagulation du proto-

([1]) HEILBRUNN, *Bulletin of the Marine Biology*, vol. 39, 1920, p. 307.
([2]) P. GIRARD, *Soc. Biol.*, vol. 87, 1922.

plasme des œufs des oursins ont été signalés. Il reste à savoir à quel moment ces facteurs interviennent et par quel mécanisme ils agissent. Mais on ne saurait encore répondre à cette question.

Une conception rationnelle de la narcose, en l'état actuel de nos connaissances, doit donc tenir compte à la fois de tous les facteurs réglant le franchissement de la couche externe de la cellule, et de tous les phénomènes pouvant survenir à l'intérieur de la cellule, considérée en tant qu'un complexe colloïdal.

ANATOMIE PATHOLOGIQUE. — *Rôle sclérogène des cellules géantes.*
Note de M. **R. Argaud**, présentée par M. Henneguy.

Les cellules géantes, à quelque modalité morphologique qu'elles appartiennent (cellules de Charles Robin, cellules de Howel, cellules de Langhans, etc.) paraissent jouer, dans certains processus morbides, un rôle assez différent de celui qui leur est exclusivement attribué.

L'examen microscopique des nodosités juxta-articulaires, des gommes syphilitiques ou tuberculeuses en voie de sclérose, et aussi, de la paroi fibreuse de l'*osteitis fibrosa kystica*, permet de constater très exactement cette fonction.

Pendant la période évolutive de ces malformations, les cellules géantes sont volumineuses et leurs noyaux, plus ou moins tassés les uns contre les autres, sont franchement intra-cytoplasmiques. Dès que la lésion manifeste quelque tendance à la sclérose, on voit certains noyaux devenir de plus en plus excentriques, déborder la cellule, et, finalement, s'en détacher en entraînant avec eux une partie de son cytoplasme.

La cellule géante, dans les préparations, paraît ainsi essaimer, petit à petit, en cellules fusiformes dont le rôle fibroplastique devient évident. Les cellules géantes diminuent ainsi de volume et voient se réduire le nombre de leurs noyaux. Dans les blocs cicatriciels qui résultent de l'évolution poussée presque à sa limite, il est, finalement, difficile de reconnaître les cellules géantes dans les quelques vestiges persistant encore sous forme de petites masses protoplasmiques simplement bi ou trinucléées.

En pleine évolution de l'*osteitis fibrosa kystica*, on peut reconnaître également, dans la zone interposée entre l'os et la coque fibreuse, quelques

myéloplaxes désenclavées qui éparpillent leur masse en de nombreuses cellules fusiformes s'incorporant dans la coque fibreuse.

Nous pourrions encore multiplier les exemples où le rôle sclérogène de la cellule géante est indéniable.

A $15^h 50^m$, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 heures et quart.

É. P.

ERRATA.

(Séance du 23 avril 1923.)

Note de M. *Hector Pécheux*, Du magnétisme du nickel :

Page 1137, lignes 11 à 13 :

	au lieu de :	lire :
Nickels vierges..........	0,071	0,068
» trempés........	0,077	0,073
» recuits..........	0,058	0,055

(Séance du 14 mai 1923.)

Note de M. *Hector Pécheux*, Du magnétisme des aciers :

Page 1388, Tableau A, les teneurs en carbone, manganèse, silicium, phosphore doivent être exprimées en pour 1000 (non en pour 100).

Page 1389, remplacer le tableau par le suivant :

	Aciers recuits. (*a*).	Aciers trempés. (*a'*).
1...............	0,0064	0,0153
2...............	0,0086	0,0230
....	0,0122	0,0270

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 JUIN 1923.

PRÉSIDENCE DE M. ALBIN HALLER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIOLOGIE. — *Rôle de la rate dans la nutrition.* Note de M. CHARLES RICHET.

Voici de nouvelles expériences sur le rôle fondamental, cependant très obscur encore, de la rate dans la nutrition.

Dans une Note antérieure [1] j'avais montré que les chiens dératés supportent moins bien le jeûne que les chiens normaux.

Pourtant, si l'alimentation est convenable et suffisante, les dératés ne maigrissent pas plus que les normaux, et la mortalité est nulle. J'ai observé 14 chiens dératés depuis huit mois environ, absolument guéris de la plaie opératoire et j'ai comparé leurs variations de poids à celles de 7 chiens normaux, alimentés de la même manière, c'est-à-dire avec du pain et de la viande. Les uns et les autres pouvaient s'alimenter *ad libitum*.

Au bout de 79 jours (du 14 novembre 1922 au 3 février 1923) les uns et les autres avaient augmenté dans de notables proportions, encore qu'ils fussent tous adultes. La moyenne du croît pour les 14 chiens dératés a été de 100 à 115,8; la moyenne du croît pour les 7 chiens normaux a été de 100 à 113,6; autrement dit, tout à fait comparable.

Mais les choses sont bien différentes non seulement si l'on fait jeûner ces chiens — comme je l'ai indiqué dans la Note précédente — mais encore si on leur donne une alimentation qui n'est pas aussi bien adaptée à la nutrition que la pâtée habituelle.

---

[1] *La rate, organe utile, non nécessaire* (*Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1026).

Du 24 mars au 3 juin 1923, c'est-à-dire pendant 71 jours, j'ai alimenté 9 chiens, dont 5 dératés et 4 normaux, avec de la viande cuite additionnée de farine de riz cuite et de saccharose (farine de riz 1000gr pour 250gr de viande et 100gr de saccharose), le tout étant dilué dans de l'eau, et soumis à une ébullition d'une heure.

Selon toute apparence, cette alimentation ne contient pas de vitamines; car la cuisson détruit probablement les vitamines de la viande, et il n'y a pas de vitamines dans la farine de riz (décortiqué) et dans le saccharose.

Mais je n'insiste pas ici sur la présence ou l'absence de vitamines dans cette alimentation. C'est une question que j'étudie en ce moment, et pour laquelle les expériences démonstratives me font défaut encore. Je ne veux parler que de la différence entre les chiens dératés et les chiens normaux.

Les quatre chiens normaux ont parfaitement supporté cette alimentation spéciale. Voici leurs poids (rapportés au poids initial, supposé égal à 100) pris de 9 en 9 jours :

		9e jour.	18e jour.	27e jour.	36e jour.	45e jour.	72e jour.
L	100	106	99	100	95	94	97
I	100	90	103	99	102	103	103
A	100	94	97	97	97	101	102
Ld	100	84	88	88	92	90	94
Moyenne	100	94	97	97	97	97	99

Au contraire, pour les chiens dératés, nous avons une mortalité de 60 pour 100. Les chiffres sont alors :

		9e jour.	18e jour.	27e jour.	36e jour.	45e jour.	72e jour.
P	100	102	107	112	102	100	mort
M	100	88	92	91	84	mort	»
A	100	87	86	82	mort	»	»
Ch	100	103	105	106	116	116	120
S	100	91	94	94	94	100	96
Moyenne	100	94	97	97	80	63	54

Divers faits importants se dégagent de cette double expérience.

C'est d'abord qu'au début, pendant 4 semaines (exactement 27 jours), il n'y eut aucune différence appréciable entre la nutrition des normaux et celle des dératés.

Mais, à partir de la 4e semaine, il y a eu, chez les dératés, des morts : une mort, le 27e; une autre, le 46e; une autre, le 71e jour. Les deux premiers sont morts avec tous les symptômes névritiques graduels de l'avitaminose. Le troisième, en bonne santé apparente, est mort presque subitement (P.).

Pour comprendre le sens de cette expérience, il suffira d'établir trois faits :

1° Les chiens nourris à la viande cuite seule meurent en 1 mois, ou 6 semaines tout au plus.

2° Les chiens nourris à la viande cuite avec farine de riz et sucre survivent et ne perdent pas de poids.

3° Les chiens dératés, soumis à la viande cuite avec farine de riz et sucre, ne survivent pas et meurent à peu près aussi vite que s'ils avaient reçu de la viande cuite seule.

Il s'ensuit que la rate joue un rôle important, sinon essentiel, dans la nutrition, spécialement dans l'assimilation des hydrates de carbone, comme l'avaient très vaguement entrevu M. Schiff, et, avec plus de précision, V. Pachon, en montrant la synergie fonctionnelle de la rate et du pancréas.

Toutefois le problème est loin d'être simple, car un des cinq chiens dératés (Ch.) non seulement ne pâtit point de ce régime spécial, mais encore il augmente beaucoup de poids (plus que les témoins) et est en pleine vigueur au 75e jour.

En outre les chiens dératés alimentés avec la pâtée ordinaire, pain et viande cuite, ne pâtissent pas, puisque pendant plus d'un an je les ai maintenus tous en bonne santé. Mais cela n'infirme nullement le fait qu'avec de la farine de riz et de la viande cuite les animaux ne survivent pas.

Après splénectomie, quel est le rôle des hydrates de carbone? Quel est le rôle des vitamines? C'est ce que des expériences ultérieures nous apprendront.

Ce qui d'ores et déjà est dûment établi, c'est que la rate joue un rôle important dans l'assimilation des aliments et de certains aliments [1].

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur un nouveau sucre, le procellose, obtenu à partir de la cellulose.* Note de M. **Gabriel Bertrand** et Mlle **S. Benoist**.

On sait, depuis Braconnot [2], que la cellulose est une espèce d'anhydride du glucose que l'on peut transformer complètement en ce sucre réducteur

(1) Le docteur Perrin, de Saint-Denis, m'a communiqué l'observation d'un malade à qui il a dû faire, pour remédier à un grave traumatisme hémorragique, l'ablation totale de la rate. Ce malade, complètement guéri aujourd'hui, a un *appétit formidable*. Je serais très désireux d'avoir d'autres observations, prises sur des malades opérés de splénectomie totale, et guéris.

(2) *Ann. Chim. Phys.*, 2e série, t. **12**, 1819, p. 172.

par fixation d'eau à l'aide des acides. La transformation a lieu d'après l'équation suivante :

$$(C^6H^{10}O^5)^n + nH^2O = nC^6H^{12}O^6.$$

Mais on ignore la grandeur du coefficient n et la façon dont sont associés les restes de glucose.

Skraup et König [1] ont fait faire, en 1901, un grand progrès à ce problème complexe. Ils ont reconnu que le produit essentiel de l'action de l'anhydride acétique sur la cellulose, obtenu à l'état cristallisé en 1879 par Franchimont [2], était l'octacétate d'un nouveau disaccharide : le cellobiose ou cellose, dédoublable par hydrolyse en deux molécules de glucose. Cette découverte aurait permis de considérer la cellulose comme formée d'un certain nombre de molécules de cellose, unies entre elles avec élimination d'un nombre égal de molécules d'eau, si diverses objections ne s'étaient présentées depuis contre cette manière de voir. La plus importante est l'insuffisance du rendement en cellose qui, dans les meilleures conditions, ne dépasse par les deux tiers de celui que l'on devrait atteindre [3].

Nous nous sommes demandés s'il n'existait pas un produit intermédiaire entre la cellulose et le cellose et nous l'avons rencontré en étudiant les eaux mères alcooliques de la cristallisation de l'octacétate de cellose.

Préparation du procellose. — De la cellulose, prise sous forme de papier à filtre, est attaquée, suivant la technique de Maquenne et Goodwin [4], par un mélange d'anhydride acétique (distillant entre 135° et 140°) et d'acide sulfurique de densité 1,835. Le produit de la réaction est précipité par l'eau, lavé, séché à une douce température et dissous à l'ébullition dans l'alcool à 95 centièmes, à raison de 500g de produit sec pour 2 litres d'alcool. On filtre à chaud et laisse cristalliser l'octacétate de cellose pendant 24 heures. C'est dans le liquide, séparé par essorage, que le nouveau sucre est contenu à l'état d'acétate.

Pour le libérer, on ajoute peu à peu au liquide, en maintenant la température au-dessous de + 25°-30°, une solution alcoolique concentrée de potasse, tant qu'il se forme un précipité. Celui-ci, de couleur jaune brun, gluant, n'est autre chose que la combinaison potassique du sucre, ou plutôt

(1) *Ber. d. Ges.*, t. 34, 1901, p. 1115.

(2) *Ber. d. Ges.*, t. 12, 1879, p. 1941.

(3) Encore ne s'agit-il là que d'un rendement établi d'après une méthode indirecte, la proportion de sucre réellement isolée étant beaucoup plus basse.

(4) *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. 31, 1904, p. 854.

des sucres libérés de leurs acétates. Il adhère vite aux parois du verre à pied dans lequel on fait l'expérience. Après avoir décanté le liquide surnageant, on le lave deux ou trois fois avec de l'alcool à 95°, puis on le dissout dans la plus petite quantité d'eau possible, en continuant à refroidir. Sans attendre davantage, on précipite la potasse par l'acide perchlorique et l'alcool et, après un repos de quelques heures, on essore à la trompe. Le liquide est alors concentré par distillation dans le vide. Il reste un sirop épais, dont le poids égale environ la moitié de celui de la cellulose employée.

Ce sirop renferme un peu de perchlorate, le cellose qui ne s'était pas séparé comme acétate cristallisé, d'autres substances encore qu'il faut éliminer pour avoir le nouveau sucre à l'état de pureté.

On épuise systématiquement le sirop à l'ébullition, d'abord par l'alcool à 95°, puis par l'alcool à 85°. Après chaque épuisement, on laisse refroidir à fond, on décante le liquide et on l'abandonne en vase bouché à la cristallisation, pendant plusieurs semaines. On sépare alors les dépôts et on les examine isolément. Ceux qui proviennent de l'alcool à 95° renferment surtout le perchlorate de potassium et le cellose, tandis que ceux obtenus avec l'alcool à 85° sont formés, pour la plupart, du nouveau sucre à l'état presque pur. On rassemble tous les dépôts fondant entre 205° et 210°, dont le rapport des pouvoirs réducteurs après et avant hydrolyse est voisin de 2, et on les purifie par une seconde cristallisation dans l'alcool à 85°. On obtient ainsi 1 à 2 parties du nouveau sucre pour 100 de cellulose.

Propriétés du procellose. — Ce nouveau sucre se dépose lentement de l'alcool à 85° en croûtes de sphérocristaux, contenant 2 molécules d'eau. Dans le vide, en présence d'acide sulfurique, il perd très vite la première molécule d'eau, mais pas complètement la seconde; il faut utiliser, pour cela, l'anhydride phosphorique ou bien chauffer le sucre vers +90°. Anhydre, le procellose reprend de l'eau à l'air avec une grande rapidité, jusqu'à concurrence d'une molécule.

La composition du procellose répond à celle d'un trisaccharide du glucose. Voici les chiffres fournis par l'analyse élémentaire et rapportés au corps anhydre :

	Carbone pour 100.	Hydrogène pour 100.
Trouvé	42,74	6,49
Calculé pour $C^{12}H^{22}O^{11}$	42,10	6,43
» $C^{18}H^{32}O^{16}$	42,85	6,35
» $C^{24}H^{42}O^{21}$	43,25	6,30

La cryoscopie a d'ailleurs donné, pour $2^g,382$ de sucre anhydre dissous dans $48^g,238$ d'eau distillée, un abaissement de la température de congélation de $0°,193$, correspondant à un poids moléculaire de 473. Or, on a obtenu avec le cellose, à la même concentration, 286 et le calcul donne pour

un disaccharide	342
un trisaccharide	504
un tétrasaccharide	666

Le procellose est très soluble dans l'eau et pratiquement insoluble à froid dans l'alcool concentré. Dans l'alcool étendu à 70 pour 100 sa solubilité est de $1^g,2$ par litre, à la température de $+18°$.

Le point de fusion au bloc Maquenne, est voisin de $+210°$.

Le pouvoir rotatoire, mesuré après 24 heures sur une solution aqueuse au $\frac{1}{20}$, a donné $[\alpha]_D = +22°,8$ à la température de $+21°$.

Traité à chaud par un excès de chlorhydrate de phénylhydrazine en présence d'acétate de sodium, le procellose fournit une osazone d'une belle couleur jaune, brunissant à l'air, dans laquelle il a été trouvé, par la méthode de Dumas, une proportion d'azote de 8,12 pour 100, les proportions calculées étant, pour les osazones,

d'un disaccharide	10,76
d'un trisaccharide	8,21
d'un tétrasaccharide	6,63

Le pouvoir réducteur du procellose, déterminé par la méthode de G. Bertrand [1] est de 50 pour 100 de celui du glucose. Il augmente lentement par chauffage avec l'acide chlorhydrique étendu et devient égal à 107-108, ce qui correspond à une transformation en trois molécules de glucose.

Constitution du procellose. — D'après la composition élémentaire, la teneur en eau de cristallisation, la dépression cryoscopique, l'action de la phénylhydrazine et l'hydrolyse acide, le procellose est un triglucoside réducteur.

Si l'on admet, comme cela est vraisemblable, que le nouveau sucre est un produit d'hydrolyse intermédiaire entre la cellulose et le cellose, on

(1) *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. 25, 1906, p. 1285.

doit le représenter par la formule développée suivante :

```
                   ┌──────O──────┐
CH²OH—CHOH—CH—(CHOH)²—CH
                                  |
                                  O
                                  |    ┌───────O───────┐
                        CH²OH—CH—CH—(CHOH)²—CH
                                                        |
                                                        O
                                                        |
                                      CH²OH—CH—(CHOH)³—COH
```

en tenant compte des résultats obtenus récemment par Irvine et Hirst [1], d'après lesquels tous les restes de glucose engagés dans la molécule de la cellulose sont liés par les chaînons carbonés 1 et 5.

Le procellose dériverait alors de l'unité moléculaire qu'Irvinc et Hirst supposent exister dans la cellulose :

```
                  CH²OH
                   |     ┌──────O──────┐
   ┌─CH—O—CH—CH—(CHOH)²—CH
   O  (CHOH)²                         |
   |                                  O
   └─CH                               |
     CH—O—CH—(CHOH)²—CH—CH—CH²OH
     |      └──────O──────┘
     CH²OH
```

par fixation d'une molécule d'eau et ouverture de la chaîne triglucosique. Par hydrolyse, il donnerait d'abord une molécule de glucose et une de cellose, puis, finalement, trois molécules de glucose.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur deux systèmes triples orthogonaux qui se correspondent de telle sorte que les premières tangentes aux deux systèmes soient polaires réciproques par rapport à un complexe linéaire.* Note de M. C. **Guichard**.

Les systèmes cherchés se rattachent à une classe particulière de systèmes O situés dans un espace d'ordre quatre; systèmes que je vais définir. Je désigne par

$$\Delta = \begin{vmatrix} x_1 & x_2 & x_3 & x_4 \\ \xi_1^1 & \xi_1^2 & \xi_1^3 & \xi_1^4 \\ \xi_2^1 & \xi_2^2 & \xi_2^3 & \xi_2^4 \\ \xi_3^1 & \xi_3^2 & \xi_3^3 & \xi_3^4 \end{vmatrix}$$

(1) *J. Chem. Soc.*, t. **123**, 1923, p. 518.

un déterminant O d'ordre quatre; par a, b, c, β_{ik} ses rotations ([1]). Soit l'équation du second ordre

$$(1) \qquad 2\frac{\partial^2 \varphi}{\partial u\, \partial v} = \sin 2\varphi.$$

Je prends deux solutions quelconques θ et χ de cette équation; dans la fonction θ je remplace u par u_1 et v par $u_2 + u_3$; dans la fonction χ je remplace u par u_1 et v par $u_2 - u_3$. Les rotations de Δ ont les valeurs suivantes :

$$(2) \quad \begin{cases} a = \dfrac{\partial(\theta+\chi)}{\partial u_1}, & b = \omega \sin(\theta+\chi), & c = \omega\cos(\theta+\chi), \\ \beta_{12} = \omega\cos(\theta+\chi), & \beta_{21} = \dfrac{1}{\omega}\cos(\theta-\chi), & \beta_{23} = -\dfrac{\partial(\theta+\chi)}{\partial u_2}, \\ \beta_{13} = -\omega\sin(\theta+\chi), & \beta_{31} = \dfrac{1}{\omega}\sin(\theta-\chi), & \beta_{32} = \dfrac{\partial(\theta+\chi)}{\partial u_3}, \end{cases}$$

où ω désigne une constante arbitraire. On vérifie facilement en remarquant que θ et χ sont relations de l'équation (1), que toutes les relations qui doivent exister entre les rotations sont vérifiées.

Soient M un point qui décrit un système O correspondant à Δ; T_1, T_2, T_3 les tangentes de rang 1, 2, 3; G la normale au système M, c'est-à-dire la droite qui a pour cosinus directeurs x_1, x_2, x_3, x_4; je désignerai par D et E les premiers foyers des droites T_2 et T_3. Ces systèmes possèdent un grand nombre de propriétés; je me borne à signaler les suivantes :

1° *Les réseaux* $u_1 =$ const. *sont applicables sur un réseau plan.*

2° *Le premier foyer du plan* G, T_1 *décrit un système* O *qui possède les mêmes propriétés que le système* M.

3° *La droite* DE *décrit un système* 2I.

Toutes ces propriétés sont caractéristiques; les deux dernières propriétés se déduisent l'une de l'autre par l'application de la loi d'orthogonalité des éléments.

Puisque la droite DE décrit un système 2I on pourra former un nouveau déterminant O, Δ'

$$\Delta' = \begin{vmatrix} x'_1, & x'_2, & x'_3, & x'_4 \\ \xi'^1_1, & \xi'^2_1, & \xi'^3_1, & \xi'^4_1 \\ \xi'^1_2, & \xi'^2_2, & \xi'^3_2, & \xi'^4_2 \\ \xi'^1_3, & \xi'^2_3, & \xi'^3_3, & \xi'^4_3 \end{vmatrix},$$

([1]) Les notations sont celles de mon Mémoire de la *Collection Scientia*, p. 34.

où les x' sont les cosinus directeurs de DE. On trouve facilement les formules

$$(3)\quad \left\{\begin{aligned} x'_k &= \sin(\theta-\chi)\,\xi_2^k - \cos(\theta-\chi)\,\xi_3^k \\ \xi_1'^k &= \cos(\theta-\chi)\,\xi_2^k + \sin(\theta-\chi)\,\xi_3^k \\ \xi_2'^k &= -\sin(\theta+\chi)\,x_k - \cos(\theta+\chi)\,\xi_1^k \\ \xi_3'^k &= \cos(\theta+\chi)\,x_k - \sin(\theta+\chi)\,\xi_1^k \end{aligned}\right. \qquad (k=1,\,2,\,3,\,4).$$

Les rotations du déterminant Δ' sont :

$$(3)\quad \left\{\begin{aligned} a' &= \frac{\partial(\theta-\chi)}{\partial u_1}, & b' &= \omega\sin(\theta-\chi), & c' &= \omega\cos(\theta-\chi), \\ \beta'_{12} &= \omega\cos(\theta-\chi), & \beta'_{21} &= \frac{1}{\omega}\cos(\theta+\chi), & \beta'_{23} &= -\frac{\partial(\theta-\chi)}{\partial u_2}, \\ \beta'_{13} &= -\omega\sin(\theta-\chi), & \beta'_{31} &= \frac{1}{\omega}\sin(\theta+\chi), & \beta'_{32} &= \frac{\partial(\theta-\chi)}{\partial u_3}. \end{aligned}\right.$$

On voit que les rotations de Δ' se déduisent de celles de Δ en changeant le signe de la fonction χ.

Si l'on prend $\chi = 0$, les déterminants Δ et Δ' ont les mêmes rotations; il en résulte, en particulier, que les x' se déduisent des x par une substitution orthogonale à coefficients constants.

On peut, maintenant, déduire de ces systèmes des systèmes triples orthogonaux dans l'espace ordinaire. Pour cela, je prends une combinaison linéaire isotrope de x_1, x_2, x_3, x_4, par exemple la combinaison $x_3 + ix_4$. Le point $N(X_1, X_2, X_3)$ tel que

$$(5)\qquad X_1 = \frac{x_1}{x_3+ix_4}, \qquad X_2 = \frac{x_1}{x_3+ix_4}, \qquad X_3 = \frac{i}{x_3+ix_4}$$

décrit un système triple orthogonal. Il en est de même du point $N'(X'_1, X'_2, X'_3)$ où

$$(6)\qquad X'_1 = \frac{x'_1}{x'_3+ix'_4}, \qquad X'_2 = \frac{x'_2}{x'_3+ix'_4}, \qquad X'_3 = \frac{i}{x'_3+ix'_4}.$$

Ces systèmes N (ou N′) et tous ceux qui s'en déduisent par une transformation de Combescure possèdent la propriété caractéristique suivante. On peut trouver dans un espace d'ordre cinq un point $P(Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5)$ qui décrit un système O tel que, si l'on pose

$$\Sigma\, dX^2 = h_1^2\, du_1^2 + h_2^2\, du_2^2 + h_3^2\, du_3^2,$$

on ait

$$(7)\qquad \left\{\begin{aligned} &\Sigma\, dY^2 = h_1^2\, du_1^2 + h_2^2\mu^2\, du_2^2 + h_3^2\mu^2\, du_3^2, \\ &Y_5 = X_3, \end{aligned}\right.$$

μ étant une constante.

D'autre part, si l'on donne à u_1 une valeur constante quelconque, la première tangente de N décrit une congruence de normales; ces congruences de normales sont parallèles à celles que l'on rencontre dans la théorie de la déformation du paraboloïde de révolution. Elles possèdent cette propriété que leur projection sur le plan des deux premiers axes de coordonnées est une congruence C.

La première tangente du système N et l'intersection du plan G_1, T_1 par l'hyperplan isotrope $x_3 + ix_4 = 0$ se projettent sur le plan des deux premiers axes de coordonnées suivant des droites parallèles. Il en est de même de N' et l'intersection du plan T_2, T_3 avec l'hyperplan $x_3 + ix_4 = 0$.

Les plans G, T_1 et T_2, T_3 se correspondent par la loi d'orthogonalité; il en sera donc de même des projections des premières tangentes à N et N'.

Cela posé, je fais tourner N' d'un angle droit au tour du troisième axe de coordonnées, ce qui amène N' en N''. Les projections des premières tangentes Nt_1, $N''t''_1$ des systèmes N et N'' satisfont aux conditions que j'ai indiquées, dans mes Notes sur la Géométrie infinitésimale du complexe linéaire pour qu'il existe des systèmes N_1 et N''_1 parallèles respectivement à N et N' tels que leurs premières tangentes soient polaires réciproques par rapport à un complexe linéaire ayant pour axe le troisième axe de coordonnées.

On obtient, par cette méthode, tous les couples de systèmes triples orthogonaux satisfaisant au problème posé.

ÉLECTIONS.

Par 41 suffrages, contre 2 à Sir *William Pope*, Sir **Robert Hadfield** est élu Correspondant pour la Section de Chimie en remplacement de M. *Paterno*, élu Associé étranger.

Par 37 suffrages, contre 7 à M. *Guilliermond* et 1 bulletin blanc, M. **René Maire** est élu Correspondant pour la Section de Botanique en remplacement de M. *Battandier*, décédé.

NOMINATIONS.

MM. **Painlevé** et **d'Ocagne** représenteront l'Académie, avec M. **Émile Picard**, déjà désigné, aux fêtes du *Tricentenaire de la naissance de Pascal*, à Clermont-Ferrand, le 8 juillet prochain.

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Voyage zoologique d'*Henri Gadeau de Kerville *en Syrie* (avril-juin 1908). Tome IV : *Poissons*, par J. Pellegrin. *Batraciens et Reptiles*, par G.-A. Boulenger. *Mammifères*, par E.-L. Trouessart et Max Kollmann.

2° *Explorations in the Eastern Kara-Koram and the upper Yarkand valley. Narrative report of the Survey of India detachment with the* De Filippi *scientific expedition* 1914.

3° *Le cerveau et la pensée*, par Henri Piéron. (Présenté par M. Henneguy.)

4° *Études de Lépidoptérologie comparée*, par Charles Oberthur, fascicule XX. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

5° *Les Isotopes*, par A. Damiens. Préface de M. Jean Perrin. (Présenté par M. Urbain.)

6° *Mission d'Ollone* (1906-1909). *Langues des peuples non chinois de la Chine*, par MM. d'Ollone, de Fleurelle, Lepage, de Boyve. (Présenté par M. R. Bourgeois.)

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur des classes remarquables de congruences* W. Note de M. **Jules Drach**.

Au cours de recherches sur les systèmes d'équations linéaires aux dérivées partielles du second ordre, j'ai rencontré quelques propositions immédiatement applicables à des questions de géométrie. Une thèse récente [1] me donne l'occasion de les indiquer.

I. Une congruence R (de Ribaucour) s'obtient en menant par les points M_1 d'une surface (S_1) qui correspond à une surface (S) par orthogonalité des éléments, des parallèles à la normale de (S) au point M correspondant. Si l'on définit (S) par les formules de Lelieuvre avec trois solutions θ_1, θ_2, θ_3 d'une équation (1) $\frac{\partial^2\theta}{\partial u\,\partial v} = M\theta$, on a les coordonnées

[1] Vaulot, *Congruences rectilignes qui sont en même temps* W *et de Ribaucour*, 24 mai 1923.

(x_1, y_1, z_1) de M_1 au moyen d'une quatrième solution λ de la même équation. En écrivant que les lignes asymptotiques se correspondent sur les deux nappes de la surface focale de la congruence — c'est-à-dire que la congruence est aussi W (de Weingarten), M. Vaulot obtient comme condition nouvelle que θ_1, θ_2, θ_3 satisfassent à une même équation :

$$(2) \qquad \frac{\partial^2 \theta}{\partial u^2} = \omega \frac{\partial'' \theta}{\partial v^2} + \sigma\theta,$$

ou encore que λ se réduise au déterminant Δ :

$$\Delta = \begin{vmatrix} \theta_1 & \frac{\partial \theta_1}{\partial u} & \frac{\partial \theta_1}{\partial v} \end{vmatrix},$$

avec un choix particulier des variables u et v, ce qui le conduit à *deux équations du second ordre à deux inconnues*, dont il indique des solutions particulières.

J'ai observé qu'*on pouvait résoudre complètement la question lorsque* (1) *et* (2) *ont quatre solutions communes.*

L'équation (2) s'écrit dans ce cas

$$U \frac{\partial^2 \xi}{\partial u^2} + V \frac{\partial^2 \xi}{\partial v^2} = N\xi$$

et l'on doit avoir

$$(E) \qquad \frac{\partial^2 MV}{\partial v^2} = \frac{\partial}{\partial u}\left(U \frac{\partial M}{\partial u}\right), \qquad \frac{\partial^2 MU}{\partial u^2} = \frac{\partial}{\partial v}\left(V \frac{\partial M}{\partial v}\right).$$

L'inconnue N est obtenue par une quadrature.

a. Pour $U = V = 1$, le système (E) se réduit à une seule équation. L'équation (1) est alors l'équation *harmonique* générale

$$M = f(u + v) - g(u - v)$$

et les solutions communes à (1) et (2) sont les quatre solutions *harmoniques* pour lesquelles on peut prendre, Φ désignant une fonction de $(u + v)$ et Ψ une fonction de $(u - v)$:

$$\xi_1 = \frac{1}{\sqrt{\Phi' \Psi'}}, \qquad \xi_2 = \frac{\Phi}{\sqrt{\Phi' \Psi'}}, \qquad \xi_3 = \frac{\Psi}{\sqrt{\Phi' \Psi'}}, \qquad \xi_4 = \frac{\Phi\Psi}{\sqrt{\Phi' \Psi'}},$$

en choisissant convenablement f et g. Elles sont liées par la relation quadratique

$$\xi_1 \xi_4 = \xi_2 \xi_3.$$

En adoptant pour θ_1, θ_2, θ_3 trois combinaisons linéaires des ξ, on aura pour λ une quatrième combinaison linéaire de ces quatre solutions.

La surface (A) de Darboux, lieu du point de coordonnées $\frac{\theta_1}{\lambda}$, $\frac{\theta_2}{\lambda}$, $\frac{\theta_3}{\lambda}$ est alors du *second degré* et la surface (S_1) est de *translation*. Les congruences WR obtenues sont en relation simple avec les congruences W, rattachées par MM. Guichard et Bianchi à la déformation des quadriques.

b. Lorsque U et V ne sont pas constants, on peut déduire de (E) une identité :

$$-f'(u_1-v_1)du_1dv_1=[\Phi(u_2+v_2)-\Psi(u_2-v_2)]du_2dv_2$$

où l'on a posé :

$$du_2=\frac{du}{\sqrt{U}},\qquad du_1=\frac{du}{U'},\qquad M=-f'(u_1-v_1)\frac{du_1}{du}\frac{dv_1}{dv}.$$

La détermination de U, V, M est ainsi ramenée au problème classique, traité complètement par M. Kœnigs, *des éléments linéaires réductibles de plusieurs manières à la forme de Liouville*.

Les tableaux de l'éminent géomètre (¹) donnent tous les *types* de systèmes (1), (2) possédant quatre solutions; ces solutions, définies par deux équations linéaires du second ordre, ne sont plus harmoniques. On a ainsi, dans les surfaces (A), des surfaces rattachées directement aux ds^2 plusieurs fois harmoniques.

II. D'autres congruences W remarquables sont celles *dont la surface moyenne est un plan*. M. Vaulot les définit par une équation aux dérivées partielles du troisième ordre. Mais déjà M. U. Sbrana (²) avait donné pour la surface *génératrice* (S) de la congruence une équation cartésienne du troisième ordre. J'ai d'abord observé que cette dernière peut s'intégrer une fois sous la forme

$$(\delta)\qquad \frac{r}{s}=F\left(\frac{s}{t}\right),\qquad F \text{ arbitraire.}$$

La surface (S) rapportée à ses lignes asymptotiques dépend de trois fonctions θ_1, θ_2, θ_3 qu'on peut obtenir comme suit :

$$\alpha=\log\theta_3,\qquad \mu=\frac{\theta_1}{\theta_3},\qquad \lambda=\frac{\theta_2}{\theta_3},$$

où α, λ, μ se déduisent *par des quadratures* d'une solution σ de l'équation du

(¹) DARBOUX, *Théorie des Surfaces*, t. 4, Note II.

(²) *Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo*, t. 23, 1907.

second ordre

$$(\Delta) \qquad \frac{\partial}{\partial u}\left(\frac{1}{\Psi^2}\frac{\partial\sigma}{\partial u}\right)+\frac{\partial}{\partial v}\left(\Psi\Psi''\frac{\partial\sigma}{\partial v}\right)=0$$

dans laquelle Ψ est une fonction arbitraire de σ.

Cette équation (Δ) est celle qui exprime que *l'élément linéaire*

$$A^2\,du^2+C^2\,dv^2,$$

où

$$A=\Psi-\sigma\Psi', \quad C=i\frac{\sigma}{\Psi}$$

convient au plan.

Toutes les formes de l'élément linéaire du plan où A et C sont fonction l'un de l'autre donnent ainsi des solutions du problème. On a des solutions *complètes* des équations (Δ) et (δ) pour les formes qui correspondent à $A=1$, courbes parallèles; $A=C$, systèmes isothermes; $A^2+C^2=1$, habillage des développables; $\frac{1}{A^2}+\frac{1}{C^2}=1$, coniques géodésiques; $AC=1$, carte géographique, l'équation (Δ) se ramène à une équation simple à invariants égaux; etc.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les courbes de Bertrand et en particulier sur celles qui sont algébriques.* Note de M. **Bertrand Gambier**, présentée par M. Goursat.

1. J'ai indiqué en 1914 quelques propriétés générales des courbes de Bertrand [1]. Les courbes de Bertrand, algébriques ou transcendantes, sont nécessaires pour construire les surfaces réglées applicables sur l'hyperboloïde de révolution, les surfaces minima coupant une sphère sous un angle constant. Ces diverses surfaces sont réelles si la courbe de Bertrand est réelle, algébriques si la courbe est algébrique. La nouvelle courbe de Bertrand associée à la première, c'est-à-dire admettant les mêmes normales principales, fournit aussitôt une surface, réglée au minima, associée à la première surface.

De plus les courbes de Bertrand jouent un grand rôle dans la théorie des transformations des surfaces applicables sur les quadriques générales, comme l'a montré M. Bianchi [2], et ces transformations permettent de

(1) *Sur les courbes à courbure constante et les courbes de Bertrand* (*Comptes rendus*, t. 158, 26 janvier 1914).

(2) *Mémoires présentés par divers savants à l'Académie des Sciences de Paris*, 2e série, t. 34, 1909.

découvrir les transformations propres aux courbes de Bertrand, que j'ai indiquées dans ma Note du 3 janvier 1923, sans avoir connaissance des travaux antérieurs aux miens sur ce sujet; M. Bianchi a bien voulu me signaler une Note de M. Razzaboni [1] donnant la transformation générale, sans indiquer la composition ni la permutabilité, puis un nouveau Mémoire de M. Bianchi [2] indiquant la composition et la permutabilité de ces transformations. Il me paraît intéressant de déterminer parmi les courbes de Bertrand celles qui sont *algébriques et réelles*. Or, sauf des courbes à courbure constante et des courbes à torsion constante, on ne connaît encore aucune courbe de Bertrand proprement dite à la fois algébrique et réelle, et cette recherche semble extrêmement pénible.

2. M. Goursat a signalé l'importance, même dans le domaine purement réel, des éléments géométriques imaginaires, mais coïncidant avec leur élément conjugué; ces éléments géométriques sont susceptibles d'être représentés par des équations à coefficients réels. Or il est facile de fournir un exemple très simple de courbe de Bertrand qui est imaginaire, mais qui coïncide avec sa courbe conjuguée et fournit une surface minima réelle coupant la sphère sous un angle constant le long d'une courbe imaginaire, mais coïncidant elle aussi avec sa conjuguée; l'angle constant est imaginaire pure. La courbe de Bertrand en question est algébrique, de sorte que la surface minima est algébrique; la courbe de Bertrand associée donne lieu aux mêmes propriétés. Je rappelle que, ω et ρ étant constants, les formules

$$(\text{B}) \qquad \begin{cases} X=\rho\int(a\ \sin\omega-c\ \cos\omega)\,d\sigma, \qquad Y=\rho\int(a'\sin\omega-c'\cos\omega)\,d\sigma, \\ \qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad Z=\rho\int(a''\sin\omega-c''\cos\omega)\,d\sigma \end{cases}$$

donnent la courbe de Bertrand générale, pourvu que (a, a', a'') soit le point courant d'une courbe tracée sur la sphère $x^2+y^2+z^2=1$, dont σ est l'arc, et (c, c', c'') le point associé sur la courbe sphérique complémentaire. Les formules

$$(\text{B}) \qquad X_1=X+b\rho\sin\omega, \qquad Y_1=Y+b'\rho\sin\omega, \qquad Z_1=Z+b''\rho\sin\omega,$$

où (b, b', b'') sont les cosinus directeurs de la tangente à la courbe (a, a', a''),

---

(1) *Atti del Reale Istituto Veneto*, t. 40, 1900.

(2) *Memorie della Societa Italiana delle Scienze* (detta dei LX), 3e série, t. 18, 1913.

donnent la courbe de Bertrand associée. Puis les deux courbes minima

$$(\Gamma) \qquad X + a i\rho, \quad Y + a' i\rho, \quad Z + a'' i\rho,$$
$$(\Gamma') \qquad X - a i\rho, \quad Y - a'' i\rho, \quad Z - a'' i\rho$$

servent à définir une surface minima (M), lieu des milieux des cordes s'appuyant sur Γ et Γ', admettant (B) pour asymptotique particulière; les deux courbes minima

$$(-i\Gamma) \qquad a\rho - iX, \quad a'\rho - iY, \quad a''\rho - iZ,$$
$$(i\Gamma') \qquad a\rho + iX, \quad a'\rho + iY, \quad a''\rho + iZ$$

définissent la surface minima (M_1) adjointe à (M), coupant sous l'angle ω, la sphère $x^2 + y^2 + z^2 = \rho^2$ le long de la courbe $(a\rho, a'\rho, a''\rho)$. La courbe (B_1) fournit les courbes minima

$$(\Gamma_1) \qquad X + b\sin\omega + i(a\cos\omega + c\sin\omega), \quad \ldots,$$
$$(\Gamma'_1) \qquad X + b\sin\omega - i(a\cos\omega + c\sin\omega), \quad \ldots$$

qui jouent respectivement le même rôle que Γ et Γ'. Si (B) est réelle au sens habituel du terme, on voit que Γ et Γ' sont imaginaires conjuguées et la surface minima (M) ou (M') est réelle.

Ceci posé, exprimons les coordonnées (a, a', a'') d'un point de la sphère $a^2 + a'^2 + a''^2 = 1$ par les formules paramétriques

$$a = \frac{\alpha + \beta}{1 + \alpha\beta}, \qquad a' = i\frac{\beta - \alpha}{1 + \alpha\beta}, \qquad a'' = \frac{\alpha\beta - 1}{1 + \alpha\beta},$$

puis C étant une constante arbitraire réelle, p et m étant deux entiers premiers entre eux, tels que p soit distinct de $\pm m$, les formules

$$\alpha = q^p \frac{(p-m)q^m - C(p+m)}{C(p-m) - (p+m)q^m}, \qquad \beta = \frac{1}{q^p}\frac{p - m + C(p+m)q^m}{p + m + C(p-m)q^m}$$

donnent pour (a, a', a''), (b, b', b''), (c, c', c'') des expressions rationnelles en q faciles à calculer en tenant compte de

$$d\sigma = \frac{2\sqrt{d\alpha\, d\beta}}{1 + \alpha\beta} = \frac{-(p^2 - m^2)}{2m(1 + C^2)}\frac{(q^m - C)(1 + Cq^m)}{q^{m+1}}dq.$$

Toutes les intégrales $\int a\, d\sigma$, $\int a'\, d\sigma$, $\int c\, d\sigma$, $\int c'\, d\sigma$ sont algébriques.

Les deux intégrales $\int a''\, d\sigma$, $\int c''\, d\sigma$ fournissent un terme en $\log q$ qui disparaît de la combinaison $\sin\omega \int a''\, d\sigma - \cos\omega \int c''\, d\sigma$ si l'on calcule ω par la

relation

$$\frac{\sin\omega}{-i[(2-\gamma^2)p^2+(6+\gamma^2)m^2]} = \frac{\cos\omega}{(\gamma^2-2)p^2+(\gamma^2+2)m^2}$$
$$= \frac{1}{2m\sqrt{\gamma^2+4}\sqrt{(\gamma^2-2)p^2-2m^2}}$$
$$C - \frac{1}{C} = \gamma.$$

Si l'on suppose

$$\gamma > \frac{\sqrt{2}}{p}\sqrt{p^2+m^2} \qquad \text{ou} \qquad C > \frac{1}{p\sqrt{2}}\left[\sqrt{3p^2+m^2}+\sqrt{p^2+m^2}\right],$$

$\cos\omega$ est réel, $\sin\omega$ est imaginaire pure. En prenant ρ réel, on voit aussitôt que le changement de q en $\frac{-1}{q_0}$, où q_0 désigne l'imaginaire conjuguée de q, produit les échanges suivants, où la lettre avec indice représente la conjuguée de la même lettre sans indice :

X	Y	Z	a	a'_0	a''	b	b'	b''	c	c'	c''
X_0	Y_0	Z_0	a_0	a'_0	a''_0	$-b_0$	$-b'_0$	$-b''_0$	$-c_0$	$-c'_0$	$-c''_0$

Il en résulte aussitôt que sur les couples de courbes minima Γ et Γ', ou Γ_1 et Γ'_1, ou bien encore $-i\Gamma$ et $i\Gamma'$, ou encore $-i\Gamma_1$ et $i\Gamma'_1$, les points de paramètre respectif q sur l'une et $\frac{-1}{q_0}$ sur l'autre sont conjugués, de sorte que les quatre surfaces minima (M), (M'), (M_1) et (M'_1) sont réelles au sens ordinaire et algébriques.

GÉOMÉTRIE SUPÉRIEURE. — *Un théorème sur la transformation conforme dans la géométrie différentielle à n dimensions.* Note de MM. **Schouten** et **Struik**, présentée par M. Hadamard.

Dans la présente Note nous désignerons par V_k une variété à k dimensions dont l'élément linéaire est quadratique, par R_k une variété euclidienne à k dimensions. Nous désignerons aussi par R_k une région infiniment petite à k dimensions dans le voisinage d'un point régulier d'une V_k. Dans cette R_k nous pouvons représenter géométriquement les vecteurs et les affineurs sur une échelle infiniment petite.

Soit déterminé l'élément linéaire ds d'une V_n par le tenseur fondamental $g_{\lambda\mu}$ et l'élément linéaire ds' d'une V_m située dans V_n ($m \leqq n-1$) par le tenseur fondamental $g'_{\lambda\eta}$. Alors la première courbure des lignes

tracées sur V_m en un point régulier P de V_m est déterminée par l'affineur de degré trois [1] $H_{\lambda\mu}^{\cdot\cdot\nu}$:

$$(1)\qquad H_{\lambda\mu}^{\cdot\cdot\nu} = g_{\lambda}^{'\alpha} g_{\mu}^{'\beta} \nabla_\alpha g_{\beta}^{'\nu}; \qquad \alpha, \beta, \lambda, \mu, \nu = a_1, \ldots, a_n \;(^2),$$

où $\nabla_\alpha g_{\beta}^{'\nu}$ est l'affineur dérivé covariant de l'affineur $g_{\beta}^{'\nu} = g^{\nu\rho} g'_{\rho\beta}$ par rapport au tenseur fondamental $g_{\lambda\mu}$ [3]. $H_{\mu\nu}^{\cdot\cdot\nu}$ est nommé *l'affineur de courbure de* V_m *par rapport à* V_n.

Introduisant $n-m$ *vecteurs* i_e^{ν}, $e = m+1, \ldots, n$, dont la longueur est l'unité, orthogonaux l'un à l'autre et à V_m, nous pouvons écrire au lieu de (1) :

$$(2)\qquad H_{\lambda\mu}^{\cdot\cdot\nu} = g_{\lambda}^{'\alpha} g'_{\mu\beta} \sum_e (\nabla_\alpha i_e^{\beta})\, i_e^{\nu}.$$

Le vecteur de courbure absolue d'une ligne géodésique de V_m tracée par P, c'est-à-dire de courbure par rapport à V_m, est orthogonal à V_m et déterminé par l'équation

$$(3)\qquad u^{\nu} = i^{\lambda} i^{\mu} H_{\lambda\mu}^{\cdot\cdot\nu},$$

où i^{ν} est le vecteur tangent à la ligne géodésique en P, dont la longueur est l'unité.

Quand i^{ν} parcourt toutes les directions de la V_m en P, le vecteur u^{ν} décrit un cône à m dimension orthogonal en P à la V_m. Ce cône est situé dans le cas le plus général dans une région $R_{\frac{m(m-1)}{2}}$ normale à V_m. Cette région forme avec la R_m de V_m en P une $R_{\frac{m(m+1)}{2}}$, *la région de courbure de* V_m *en* P *par rapport à* V_n. Les extrémités des vecteurs u^{ν} décrivent l'*indicatrice de courbure de* V_m *en* P [4].

Supposons maintenant que V_n subisse la transformation conforme

$$(4)\qquad 'g_{\lambda\mu} = \sigma g_{\lambda\mu}; \qquad 'g^{\lambda\mu} = \sigma^{-1} g^{\lambda\mu}; \qquad 'g_{\lambda}^{\nu} = g_{\lambda}^{\nu},$$

où σ est une fonction arbitraire des coordonnées.

---

(1) Dans la terminologie de M. Ricci : Le système mixte d'ordre trois.

(2) Le signe Σ est supprimé quand il se rapporte aux indices *grecs*.

(3) Dans la notation de M. Ricci : $\nabla_\alpha g_{\beta}^{'\nu} = g_{\beta\alpha}^{\nu}$.

(4) Voir J.-A. Schouten und D.-J. Struik, *Ueber Krümmungseigenschaften, etc.* (*Rend. Circ. Mat. Palermo*, 46, 1922, p. 165-184), et D.-J. Struik, *Grundzüge der mehrdimensionalen Differentialgeometrie* (Berlin, Julius Springer, 1922, 198 p., spéc. Chap. III).

Les affineurs $H_{\mu\nu k} i_e^{k}$ sont identiques aux systèmes $C_{e\mu\nu}$ de M. Ricci, *Sulle superficie geodetiche, etc.* (*Rend. Accad. Lincei*, 5e série, 12, 1er semestre 1903, p. 409-420).

Un vecteur contrevariant i^ν, dont la longueur reste l'unité, mais qui du reste est arbitraire, subit alors la transformation

$$(5) \qquad 'i^\nu = i^\nu \sigma^{-\frac{1}{2}},$$

et son dérivé $\nabla_\mu i^\nu$

$$(6) \qquad \begin{aligned} '\nabla_\mu 'i^\nu &= \nabla_\mu 'i^\nu - \frac{1}{2} 'i^\alpha g_{\alpha\mu} s_\beta g^{\beta\nu} + \frac{1}{2} 'i^\nu s_\nu + \frac{1}{2} s_\alpha 'i^\alpha g^\nu_\mu \\ &= \sigma^{-\frac{1}{2}} \left(\nabla_\mu i^\nu - \frac{1}{2} i^\alpha g_{\alpha\mu} s_\beta g^{\beta\nu} + \frac{1}{2} s_\alpha i^\alpha g^\nu_\mu \right), \end{aligned}$$

où $'\nabla_\mu 'i^\nu$ est l'affineur dérivé covariant de $'i^\nu$ par rapport au tenseur fondamental nouveau $'g_{\lambda\mu}$, et

$$(7) \qquad s_\lambda = \sigma^{-1} \nabla_\lambda \sigma = \nabla_\lambda \log\sigma = \frac{\partial}{\partial x^\lambda} \log\sigma \quad (1).$$

Pour la relation entre le nouvel affineur de courbure $'H_{\lambda\mu}^{\cdot\cdot\nu}$ et $H_{\lambda\mu}^{\cdot\cdot\nu}$ nous trouvons alors, au moyen des équations (2), (4), (5) et (6),

$$\begin{aligned} 'H_{\lambda\mu}^{\cdot\cdot\nu} &= \sigma' g^\alpha_\lambda 'g_{\mu\beta} \sum_e ('\nabla_\alpha 'i^\beta_e)'i^\nu_e \\ &= 'g^\alpha_\lambda 'g_{\mu\beta} \sum_e \left(\nabla_\alpha i^\beta_e - \frac{1}{2} i^\gamma_e g_{\gamma\alpha} s_\delta g^{\delta\beta} + \frac{1}{2} s_\gamma i^\gamma_e g^\beta_\alpha \right) i^\nu_e \\ &= H_{\lambda\mu}^{\cdot\cdot\nu} + \frac{1}{2} \sum_e s_\gamma i^\gamma_e 'g_{\lambda\mu} i^\nu_e \\ &= H_{\lambda\mu}^{\cdot\cdot\nu} + \frac{1}{2} 'g_{\lambda\mu} s''_\alpha g^{\alpha\nu}, \end{aligned}$$

où $s''_\alpha g^{\alpha\nu}$ est la projection de $s_\alpha g^{\alpha\nu}$ sur la R_{n-m} orthogonale à la V_m en P.

On conclut de l'équation précédente et de (3) que le vecteur u^ν se transforme de la manière suivante :

$$(9) \qquad 'u^\nu = 'i^\mu 'i^\lambda H_{\lambda\mu}^{\cdot\cdot\nu} = \sigma^{-1} i^\mu i^\lambda H_{\lambda\mu}^{\cdot\cdot\nu} + \frac{1}{2} s''_\alpha g^{\alpha\nu} = \sigma^{-1} u^\nu + \frac{1}{2} s''_\alpha g^{\alpha\nu}.$$

Les vecteurs u^ν sont donc multipliés par σ^{-1} et leurs extrémités subissent de plus une translation égale à $\frac{1}{2} s''_\alpha g^{\alpha\nu}$:

Quand une V_n subit une transformation conforme (4), l'indicatrice de courbure d'une V_m en un point régulier P subit une transformation homothétique de centre P et de rapport d'homothétie σ^{-1}, et de plus une translation égale à la

(1) J.-A. Schouten, *Ueber die konforme Abbildung, etc.* (*Mathematische Zeitschrift*, t. 11, 1921, p. 58-88).

moitié de la projection du vecteur gradient de la fonction $\log\sigma$, *pris contrevariant, sur la* R_{n-m} *orthogonale à la* V_m.

Dans le cas où la région de courbure est à $(m+k)$ dimensions $\left[k < \frac{m(m-1)}{2}\right]$, la région de courbure transformée peut avoir $m+k-1$, $m+k$, ou $m+k+1$ dimensions. Un point axial $(k=1)$ se transforme ainsi en un point géodésique $(k=0)$, un point axial, ou un point planaire $(k=2)$. Mais ce n'est pas un point planaire général, puisque les extrémités des vecteurs u^{ν} se rangent sur une ligne (¹).

Nous indiquerons encore quelques autres applications du théorème énoncé :

1° Il est possible de transformer par une transformation conforme de V_n convenablement choisie chaque fois :

a. Une V_m géodésique ($k=0$ en tous les points) en une V_m dont les points sont des points ombilicaux;

b. Une V_m arbitraire en une V_m minimale;

c. Une congruence de courbes arbitraires d'une V_m en une congruence de courbes asymptotiques.

2° Une transformation conforme de V_n laisse invariant le rapport des longueurs des deux différences des vecteurs de courbure de lignes géodésiques arbitrairement choisies en un même point d'une V_m.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'intégration des équations différentielles.* Note (²) de M. **Lainé**, présentée par M. Goursat.

Sophus Lie a rattaché à la théorie des transformations de contact la méthode d'intégration, dite par dérivation, des équations différentielles du premier ordre non résolues par rapport à y'. Mais comme les équations des deux premiers ordres jouissent seules de la propriété de n'avoir pas d'invariants relativement au groupe des transformations de contact, il est nécessaire, pour étendre les vues de Lie aux équations d'ordre quelconque, de généraliser d'abord la théorie des transformations de contact planes.

J'appelle élément d'ordre n du plan xy tout ensemble de valeurs des variables x, y, p_1, ..., p_n, et multiplicité d'ordre n tout ensemble continu

(¹) C'est le cas du point planaire dégénéré de la figure 4 (page 119 du livre cité de M. Struik).

(²) Séance du 28 mai 1923.

de ∞^1 éléments satisfaisant aux conditions

$$dy - p_1\,dx = 0, \qquad dp_i - p_{i+1}\,dx = 0 \qquad (i = 1, \ldots, n-1).$$

Si F et Φ sont deux fonctions quelconques des variables $x, y, p_1, \ldots, p_n$, je poserai, en généralisant la notation des crochets de Jacobi :

$$[F, \Phi]_n = \frac{\partial F}{\partial p_n}\left(\frac{d\Phi}{dx}\right) - \frac{\partial \Phi}{\partial p_n}\left(\frac{dF}{\partial x}\right), \qquad \left(\frac{d}{dx}\right) = \frac{\partial}{\partial x} + p_1\frac{\partial}{\partial y} + \ldots + p_n\frac{\partial}{\partial p_{n-1}}.$$

Si le crochet $[F, \Phi]_n$ est identiquement nul, F et Φ sont dites en involution.

Associons à chaque élément d'ordre n du plan xy un élément du premier ordre X, Y, P_1 du plan XY. Je dirai que les équations de correspondance

$$X = X(xyp_i), \qquad Y = Y(xyp_i), \qquad P_1 = P_1(xyp_i)$$

définissent une transformation Σ^n si l'on a une identité de la forme

$$dY - P_1\,dX = \lambda_1(dy - p_1\,dx) + \ldots + \lambda_n(dp_{n-1} - p_n\,dx),$$

les coefficients λ_i désignant certaines fonctions des variables

$$x, \quad y, \quad p_i \qquad (\lambda_n \neq 0).$$

Les fonctions X, Y et P_1 sont alors distinctes, et l'on a, de plus, les relations

$$[X, Y]_n = 0, \qquad [P_1, X]_n = \lambda_n, \qquad [P_1, Y]_n = \lambda_n P_1.$$

Réciproquement, si X et Y sont deux fonctions distinctes en involution, il leur correspond une transformation Σ^n et une seule, sauf dans l'hypothèse où ces deux fonctions sont indépendantes de p_n et annulent le crochet $[X, Y]_{n-1}$. Les transformations Σ^1 sont les transformations de contact.

Si les fonctions X, Y, P_1 caractérisent une transformation Σ^n, les fonctions X, Y, $P_1, \ldots, P_m$, telles que X, P_i, P_{i+1} caractérisent une transformation Σ^{n+i}, seront considérées comme caractérisant une transformation Σ^n prolongée $m-1$ fois, ou transformation $\Sigma^{n+(m-1)}$: le prolongement est toujours unique.

A tout élément du premier ordre du plan XY, une transformation Σ^n fait correspondre ∞^{n-1} éléments d'ordre n du plan xy, qui ne peuvent en général être groupés de façon à former ∞^{n-2} multiplicités : mais à toute multiplicité du premier ordre du plan XY correspondent ∞^n éléments d'ordre n qui peuvent être groupés de façon à former ∞^{n-1} multiplicités. On a un exemple

simple de transformation Σ^2 en associant à toute courbe du plan XY la famille de ses développantes.

Les considérations qui précèdent montrent que l'intégration de l'équation différentielle $F(xy, p_1 \dots p_n) = 0$ est équivalente à celle de l'équation $[F, X]_n = 0$. J'appellerai intégrales singulières les multiplicités d'ordre n, s'il en existe, qui satisfont aux équations

$$F = 0, \qquad \frac{\partial F}{\partial p_n} = 0, \qquad \left(\frac{dF}{dx}\right) = 0.$$

Ceci posé, soit X_1 une solution de l'équation $[F, X]_n = 0$; sur toute intégrale non singulière on aura $X_1 = \text{const.}$; d'une façon générale, si l'on connaît m fonctions distinctes en involution avec F, on pourra abaisser de m unités l'ordre de l'équation $F = 0$.

La connaissance d'une transformation $\Sigma^{n-m+1+(m-1)}$ permet de ramener l'intégration de toute équation $F(XY, P_1 \dots P_m) = 0$ à celle de deux équations successives, l'une d'ordre m, l'autre d'ordre $n - m$. Par exemple, en partant de la transformation $\Sigma^{2+(n-2)}$ définie par les fonctions $X = x^\lambda y$, $Y = x^{\lambda+1} p_1$, où λ est une constante quelconque, on obtient les équations

$$F(x^\lambda y, x^{\lambda+1} p_1, \dots, x^{\lambda+n} p_n) = 0,$$

dont l'intégration se ramène, au moyen du changement de variables

$$X = x^\lambda y, \qquad Y = x^{\lambda+1} p_1,$$

à celle d'une équation d'ordre $n - 1$ suivie d'une quadrature; ces équations comprennent en particulier les trois principaux cas classiques d'abaissement : pour $\lambda = -1$, on a les équations homogènes en $x, y, dx, dy, d^2y, \dots, d^ny$; pour $\lambda = 0$, les équations homogènes en x et dx; pour $\lambda = -n$, les équations homogènes par rapport aux quantités x, dx (considérées comme de degré 1) et $y, dy, d^2y, \dots$ (considérées comme de degré n) (¹).

En cherchant à déterminer *a priori* la fonction F de telle sorte qu'il se présente des simplifications dans l'intégration de l'équation $[F, X]_n = 0$, on est conduit à des équations qui généralisent les types classiques d'équations du premier ordre. Indépendamment des équations analogues à celles de Clairaut, déjà signalées par M. Raffy (²), j'indiquerai, en particulier,

(¹) Cf. par exemple DE LA VALLÉE POUSSIN, *Cours d'Analyse* (4ᵉ édition), t. 2, p. 239.

(²) *Bulletin de la S.M.F.*, t. 25, p. 71.

les équations

$$u \equiv y - p_1 x + p_2 \frac{x^2}{2!} - \ldots + (-1)^n p_n \frac{x^n}{n!} + (-1)^{n+1} \lambda \frac{x^{n+1}}{(n+1)!}$$
$$= \mathrm{F}\left(\frac{\partial u}{\partial x}, \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}, \ldots, \frac{\partial^n u}{dx^n}\right)$$

qui s'intègrent sans aucune quadrature; les équations

$$y - p_1 x + p_2 \frac{x^2}{2!} - \ldots + (-1)^{n-1} p_{n-1} \frac{x^{n-1}}{(n-1)!} + x^n f(p_n) + \varphi(p_n) = 0$$

qui s'intègrent par $n+1$ quadratures; enfin les équations

$$f(p_n) + x\varphi(p_n) - p_n \mathrm{N}(x) + p_{n-1}\mathrm{N}'(x) - \ldots - (-1)^{n-1} p_1 \mathrm{N}^{(n-1)}(x) + y = 0$$

où $\mathrm{N}(x)$ est un polynome de degré n dont le terme en x^n a pour coefficient $(-1)^{n+1}\frac{1}{n!}$, les n autres étant arbitraires : ces équations généralisent les équations de Lagrange, et leur intégration se ramène à celle d'une équation du premier ordre (équation de Riccati si $n=2$) suivie de $n-1$ quadratures.

On peut aussi étendre aux équations d'ordre n les considérations développées par Lie pour les intégrales singulières des équations du premier ordre. En particulier, pour que l'équation $\mathrm{F}(xyp_1 \ldots p_n) = 0$ admette ∞^{n-1} intégrales singulières, il suffit que les trois équations

$$\mathrm{F} = 0, \qquad \frac{\partial \mathrm{F}}{\partial p_n} = 0, \qquad \left(\frac{d\mathrm{F}}{dx}\right) = 0$$

se ramènent à deux équations distinctes, ce qui est toujours le cas pour les équations de Clairaut généralisées.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une propriété des fonctions entières.* Note de M. **Serge Bernstein**, présentée par M. Émile Borel.

1. Soit

$$f(x) = \mathrm{A}_0 + \mathrm{A}_1 x + \ldots + \mathrm{A}_n x^n + \ldots$$

une fonction entière, jouissant de la même propriété que la limite supérieure

(1) $$\overline{\lim}\, n \sqrt[n]{|\mathrm{A}_n|} \leqq \rho.$$

Je dis que, *si l'on a pour toute valeur réelle* [1] *de* x

(2) $$|f(x)| \leqq M,$$

on aura aussi pour toute valeur réelle [1] *de* x

(3) $$|f'(x)| \leqq \frac{\rho}{e} M.$$

D'ailleurs, la limite donnée par (3) est effectivement atteinte par la fonction $M \sin \frac{\rho x}{e}$.

La démonstration repose sur les considérations suivantes. Disons, pour abréger, qu'une fonction satisfaisant à la condition (1) est de *degré* non supérieur à ρ. Cela étant, il est évident que le degré ne dépend pas du choix de l'origine. On est ainsi amené à démontrer que $\frac{e}{\rho} \sin \frac{\rho x}{e}$ est la fonction de degré non supérieur à ρ qui s'écarte le moins possible de O sur l'axe réel entre toutes celles qui satisfont à la condition $f'(0) = 1$. Or, pour le prouver, il suffit de reconnaître qu'il ne peut exister de fonction $\varphi(x)$ impaire de degré ρ qui soit bornée sur l'axe réel, telle que $\varphi'(0) = 0$, et qui, aux points où $\cos \frac{\rho x}{e} = 0$, prenne des valeurs de signes successivement opposés.

2. Il est facile de déduire du théorème énoncé la proposition suivante : *Soit*

$$f(x) = A_0 + A_1 \cos \alpha_1 x + B \sin \alpha_1 x + \ldots + A_n \cos \alpha_n x + B_n \sin \alpha_n x,$$

où $\alpha_n > \alpha_i$ (pour $n > i$), *et un au moins des nombres* A_n, B_n *est différent de* 0; *si pour toute valeur réelle* $|f(x)| \geqq L$, *on a également* $|f'(x)| \leqq \alpha_n L$.

En effet, cela résulte du fait que $f(x)$ est de degré $\alpha_n e$.

Cette proposition est une généralisation du théorème que j'ai donné autrefois [2] pour le cas où les nombres α_i sont des entiers.

Comme seconde conséquence de notre théorème, indiquons la suivante : *Si*

$$f(x) = \sum_0^\infty \frac{c_n}{n!} X^n, \qquad où \qquad \overline{\lim} \sqrt[n]{|c_n|} = R,$$

---

[1] Au lieu de l'axe réel, on pourrait prendre n'importe quelle droite déterminée.

[2] Dans mon Mémoire *Sur l'ordre de la meilleure approximation, etc.*, je n'avais considéré que le cas où les cos et sin n'interviennent pas simultanément, mais M. Landau, dès l'année 1913, a fait la remarque que le cas général (pour α_i entier) est une conséquence immédiate de celui où les sinus interviennent seulement.

la fonction $f(x)$ ne peut rester bornée sur aucune droite passant par l'origine, si $\frac{c_n}{R^n}$ n'est pas borné.

3. Il est évident, enfin, que l'étude de l'approximation des fonctions continues au moyen des fonctions de degrés finis sur l'axe réel conduit, grâce au théorème I, à des résultats analogues à ceux que j'ai donnés dans le Mémoire cité relativement à l'existence des dérivées successives pour les fonctions périodiques. Ainsi, soit $|f(x) - f_n(x)| < \varepsilon_n$ sur tout l'axe réel, où $f_n(x)$ est une fonction de degré ρ_n. *Si l'on peut former une suite de fonctions $f(x)$ de degrés ρ_n croissants, telle que $\sum_{n=1}^{\infty} \varepsilon_n \rho_{n+1}^p$ soit convergente, la fonction $f(x)$ admet des dérivées continues sur tout l'axe réel jusqu'à l'ordre p inclusivement.* En particulier, il en sera ainsi si l'on peut choisir les nombres ρ_n de sorte que $1 < a < \frac{\rho_{n+1}}{\rho_n} < b$, pour lesquels l'approximation correspondante $\varepsilon_n < \frac{1}{\rho_n^{p+\delta}}$, où $\delta > 0$.

D'autre part, *si $f(x)$ peut être indéfiniment approchée sur tout l'axe réel au moyen de fonctions $f_n(x)$ de degrés bornés, la fonction $f(x)$ est elle-même nécessairement entière et de degré fini.* (Au contraire, il résulte d'un théorème que j'ai donné dans le Mémoire cité que toute fonction continue quelconque qui à l'infini tend vers une limite déterminée peut être approchée indéfiniment par des fonctions entières de degrés bornés sur le *demi*-axe réel.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les espaces multiples et les tenseurs.*

Note de M. **Henri Eyraud**, présentée par M. Émile Borel.

Considérons deux espaces indépendants à un nombre quelconque de dimensions. La multiplicité des points m constitués par des valeurs numériques attribuées à n variables x^i constituera le premier espace lorsqu'on aura attribué à chaque point m un tenseur symétrique arbitraire g_{ij}.

Un tenseur est un ensemble de composantes assujetties à suivre une loi déterminée de transformation lorsqu'on substitue aux coordonnées x^i de nouvelles coordonnées x'^i. On a par exemple

$$(1) \qquad A_{ij}^p \frac{\partial x^i}{\partial x'^m} \frac{\partial x^j}{\partial x'^n} = A'^r_{mn} \frac{\partial x^p}{\partial x'^r}.$$

Un deuxième espace de points M sera déterminé par les N variables X^K ($K = 1, 2, \ldots, n$) et le tenseur G_{KL}.

On peut considérer des tenseurs avec une double série d'indices

$$A^{pLF}_{ijK}$$

attachés à un double point variable mM, et satisfaisant, pour tout changement des coordonnées x^i d'une part, X^K de l'autre, aux conditions de transformation

$$(2)\qquad A^{pLF}_{ijK}\frac{\partial x^i}{\partial x'^m}\frac{\partial x^j}{\partial x'^n}\frac{\partial X^K}{\partial X'^P}=A'^{rRQ}_{mnP}\frac{\partial x^p}{\partial x'^r}\frac{\partial X^L}{\partial X'^R}\frac{\partial X^F}{\partial X^Q}.$$

Le déplacement parallèle. — La variation d'un tenseur dont le double point d'application se déplace ne pourra être évaluée que si l'on sait définir la variation des vecteurs covariants unités attachés au double point. Soit, pour un déplacement infinitésimal dx^i, dX^k,

$$(3)\qquad \begin{cases} de_i=\Gamma^j_{pi}e_j\,dx^p+F^j_{ik}e_j\,dX^k,\\ dE_K=\Gamma^H_{Fk}E_H\,dX^F+f^H_{jK}E_H\,dx^j.\end{cases}$$

Nous connaissons la loi de transformation des coefficients Γ et Γ'; elle est

$$(4)\qquad \frac{\partial^2 x^r}{\partial x'^m\,\partial x'^n}+\Gamma^r_{ij}\frac{\partial x^i}{\partial x'^m}\frac{\partial x^j}{\partial x'^n}=\Gamma'^p_{mn}\frac{\partial x^r}{\partial x'^p}$$

et les analogues pour Γ. Cherchons les formules analogues pour f et F.

Soient ξ^i les coordonnées d'un vecteur du premier espace; cherchons sa variation dans un déplacement dX^k; soit D cette variation

$$D(\xi^i e_i)=e_i\frac{\partial\xi^i}{\partial X^k}dX^k+\xi^i de_i,$$

où de_i doit être remplacé, en vertu de (3), par $F^j_{i,k}e_j\,dX^k$

$$D(\xi^i e_i)=e_i\,dX^k\left(\frac{\partial\xi^i}{\partial X^k}+F^i_{j,k}\xi^j\right);$$

nous poserons

$$(5)\qquad D_k(\xi^i)=\frac{\partial\xi^i}{\partial X^k}+F^i_{j,k}\xi^j\qquad\text{(dérivée covariante).}$$

L'expression

$$(6)\qquad d\xi^i+F^i_{j,k}\xi^j\,dX^k$$

représente les composantes d'un vecteur.

Comme les dx^i sont les composantes d'un vecteur, nous aurons, en remplaçant ξ^i par dx^i, et remarquant que dx^i est invariable dans un déplace-

ment du deuxième espace, les composantes

$$F^i_{jk}\, dx^j\, dX^k$$

d'un vecteur du premier espace; par suite

$$F^i_{jk}\, dx^i\, dX^k = F'^r_{mL}\, dx'^m\, dX'^L \frac{\partial x^i}{\partial x'^r}.$$

Les formules de transformation cherchées sont donc :

(7)
$$\left\{\begin{array}{l} F^i_{jk} \dfrac{\partial x^j}{\partial x'^m} \dfrac{\partial X^k}{\partial X'^l} = F'^r_{mL} \dfrac{\partial x^i}{\partial x'^r} \\ \text{et de même :} \\ f^H_{jk} \dfrac{\partial x^j}{\partial x'^m} \dfrac{\partial X^k}{\partial X'^L} = f'^F_{m,L} \dfrac{\partial X^H}{\partial X'^L}; \end{array}\right.$$

f et F sont donc de véritables tenseurs, de double espace, et non seulement des quasi-tenseurs.

Les courbures de double espace. — Si l'on déplace, parallèlement à lui-même, un vecteur ξ^i le long d'un contour fermé du premier espace, ses coordonnées ne reviennent pas à leur valeur primitive, la variation $\theta\xi^r$ de ξ^r est donnée par

$$\theta\xi^r = R^r_{ijs}\xi^s\, dx^i\, \delta x^j$$

lorsque le contour est celui du parallélogramme construit sur les vecteurs infinitésimaux $dx^i\, \delta x^j$. On a

$$R^r_{ijs} = \frac{\partial \Gamma^r_{is}}{\partial x^j} - \frac{\partial \Gamma^r_{js}}{\partial x^i} + \Gamma^p_{is}\Gamma^r_{pj} - \Gamma^p_{js}\Gamma^r_{pi}.$$

On peut chercher de même la variation des coordonnées d'un vecteur Ξ^F du deuxième espace lorsque son point d'application M reste fixe tandis que m décrit le parallélogramme $dx^i\, \delta x^j$

$$\theta\Xi^F = B^F_{ij,K}\Xi^K\, dx^i\, \delta x^j,$$

on trouve

$$B^F_{ij,K} = \frac{\partial f^F_{i,K}}{\partial x^j} - \frac{\partial f^F_{j,K}}{\partial x^i} + f^F_{i,K} f^F_{j,H} - f^H_{j,K} f^F_{i,H}.$$

En imaginant d'une manière analogue un processus fermé construit sur

---

(¹) L'expression de vecteur covariant unité est défectueuse; les grandeurs e_i n'ont pas de propriété vectorielle. On pourrait appeler les e_i les « supports unités » covariants.

deux directions d et D appartenant à l'un et l'autre espace, on trouve

$$\theta\xi^r = A^r_{is,K}\xi^s\,dx^i\,dX^K,$$
$$A^r_{is,K} = \frac{\partial\Gamma^r_{is}}{\partial X^K} - \frac{\partial F^r_{s,K}}{\partial x^i} + \Gamma^q_{is}F^r_{q,K} - \Gamma^r_{qi}F^q_{s,K},$$

et, pour la variation d'un vecteur du deuxième espace Ξ^H,

$$\theta\Xi^H = E^H_{i,LK}\Xi^L\,dx^i\,dX^K,$$
$$E^H_{i,LK} = \frac{\partial f^H_{i,L}}{\partial X^K} - \frac{\partial\Gamma^H_{KL}}{\partial x^i} + f^F_{iL}\Gamma^H_{FK} - \Gamma^F_{KL}f^H_{iF}.$$

Cas particulier de l'espace-temps. — Si nous admettons que le premier espace est l'espace à trois dimensions, que le deuxième espace est unidimensionnel et représente le temps, nous aurons les deux tenseurs fondamentaux g_{ij} et G_{00} (l'indice de temps étant désigné par o). L'unique composante Γ^0_{00} est facile à calculer

$$\Gamma^0_{00} = G^{00}\Gamma_{000} = \frac{1}{G_{00}}\,\frac{1}{2}\,\frac{\partial G_{00}}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial t}\log\sqrt{G_{00}}.$$

En dehors des composantes de la courbure d'espace nous avons les composantes des différentes courbures d'espace-temps

$$A^r_{is,0} = \frac{\partial\Gamma^r_{is}}{\partial t} - \frac{\partial F^r_{s0}}{\partial x^i} + \Gamma^q_{i0}F^r_{q0} - \Gamma^r_{qi}F^q_{00}, \tag{8}$$

$$B_{ij} = \frac{\partial f_i}{\partial x^j} - \frac{\partial f_j}{\partial x^i}, \tag{9}$$

$$E_{i,0} = \frac{\partial f_i}{\partial t} - \frac{\partial\Gamma_0}{\partial x_i} \tag{10}$$

(on a posé, pour abréger, $\Gamma_0 = \Gamma^0_{00}$, $B_{ij} = B^0_{ij0}$, $E_{i,0} = E^0_{i,00}$).

MAGNÉTISME. — *Sur le paramagnétisme du sulfate de cobalt en solution aqueuse.* Note de M. CHATILLON.

Les recherches faites sur le paramagnétisme des sels de cobalt en solution ont fourni des résultats divergents :

Cabrera, Moles et Marquina [1] ont trouvé, pour les trois sels de cobalt en solution (sulfate, nitrate et chlorure), un coefficient d'aimantation variable avec la concentration. La courbe représentative des moments ato-

---

[1] *Anales Soc. Españ. d. Fis. y Quim*, B. 14, 1916, p. 357.

miques correspondants, indiquée plus loin, est à deux branches et conduit, pour les dilutions infinies, aux moments limites 24 et 25 magnétons pour l'atome de cobalt.

D'un autre côté, Trümpler (¹), pour une large échelle de concentrations, en opérant sur des solutions faites à froid, a trouvé, pour les mêmes sels, un coefficient d'aimantation indépendant de la concentration et donnant, pour l'atome de métal, un moment apparent moyen égal à 24,5 magnétons.

Ces deux résultats ont d'ailleurs été retrouvés : Trümpler (¹), d'une part, a retrouvé les faits publiés par Cabrera; Mlle Brant (²), d'autre part, a confirmé, pour le chlorure de cobalt, le premier résultat de Trümpler.

Jusqu'alors on ne dispose que de peu de renseignements sur l'origine de cette divergence; Trümpler indique cependant qu'elle pouvait tenir à la préparation des solutions : celles qui ont été utilisées pour la deuxième série de ses mesures ayant été faites à chaud.

J'ai retrouvé ces deux résultats en étudiant les mêmes solutions de sulfate de cobalt, mais en leur faisant subir une préparation différente.

Quatre solutions préparées à froid ont donné les nombres suivants, le coefficient d'aimantation ayant été mesuré à 15° :

Concentrations pour 100.	Nombre de magnétons.
9,77	24,53
2,648	24,48
1,496	24,52
0,9129	24,48

soit pratiquement le nombre 24,5 magnétons, indépendant de la concentration. De mesures faites sur les deux premières solutions, à 30°, il résulte, avec une précision un peu moindre, que ce moment est encore 24,5, indépendant de la température dans ces limites.

Une deuxième série d'observations a été faite sur des solutions préparées à l'ébullition et refroidies naturellement à la température de la salle. Les mesures faites aussitôt après le refroidissement, à la température ambiante (18° à 19°), ont permis de tracer la courbe représentée en plein sur le croquis ci-après :

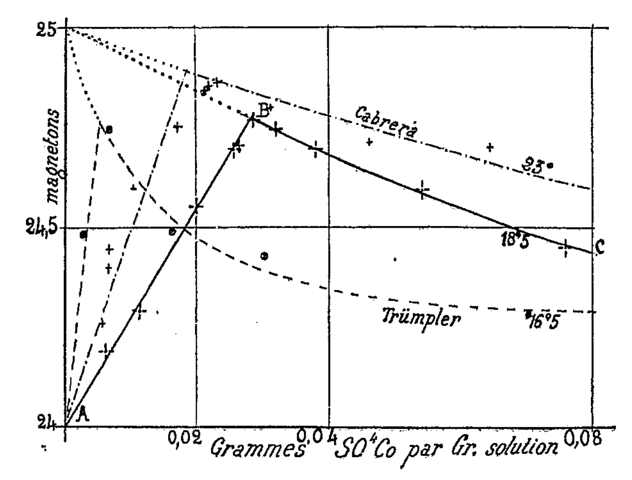
Ce croquis comprend aussi les résultats analogues de Trümpler et Cabrera.

Dans la région étudiée, le nombre des points est suffisant pour une bonne

(¹) *Thèse*, Zurich, 1917.

(²) *The Physical Review*, 2e série, t. 17, 1921.

détermination de la courbe : l'extrapolation sur les deux branches AB et BC fournit, avec une bonne approximation, les nombres 24 et 25 magnétons déjà trouvés par les autres observateurs.



La courbe présente une étroite ressemblance avec celle de Cabrera et reste constamment en dessous; il y a un écart plus marqué avec celle de Trümpler.

En ce qui concerne les plus fortes concentrations (branche BC), la comparaison de mes résultats avec ceux de ces auteurs semble montrer que le moment atomique moyen apparent croît avec la température : la température de mes observations (18°,5) étant intermédiaire entre les températures de mesures de Trümpler (16°,5) et de Cabrera (23°).

Les branches AB observées par les différents auteurs ne se succèdent pas dans l'ordre des températures d'observation.

Il était intéressant de savoir si, avec le temps, le moment atomique se conserve dans les solutions préparées à chaud : trois solutions, dont l'une au voisinage du sommet de la courbe et les deux autres de part et d'autre, ont été étudiées plusieurs jours après leur préparation; les résultats sont les suivants :

Concentration pour 100.		Nombre de magnétons.
3,802	Observation du 31 janvier 1923	24,70
	» 12 février 1923	24,71
2,872	Observation du 1er février 1923	24,77
	» 22 février 1923	24,78
2,722	Observation du 22 février 1923	24,71
	» 2 mars 1923	24,71

Aucune variation n'a été mise en évidence.

En résumé, le même échantillon de sulfate de cobalt a donné :

Par préparation à froid, des solutions à moment atomique apparent constant indépendant de la concentration, et, dans certaines limites, de la température, égal à 24,5 magnétons;

Par préparation à l'ébullition, des solutions à moment atomique apparent variable avec la dilution et conduisant à admettre des porteurs à 24 et d'autres à 25 magnétons. Ces porteurs apparaissent par les valeurs limites aux faibles concentrations.

Les solutions à moment atomique non entier (24,5) pourraient donc être regardées comme un résultat d'association entre les deux porteurs à nombres entiers de magnétons; cette association serait détruite par une élévation de température suffisante et remplacée par un équilibre fonction de la concentration.

Cet équilibre semble ne pas varier avec le temps.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Sur la discontinuité* K *d'absorption du krypton et du xénon*. Note de MM. **M. de Broglie** et **A. Lepape**, présentée par M. Brillouin.

Tous les éléments présentent à l'extrémité de leur spectre de rayons X du côté des hautes fréquences une discontinuité d'absorption, désignée par la lettre K, et dont la position a été mesurée pour un grand nombre de corps.

Parmi les déterminations encore manquantes se trouve celle des gaz rares, qui ne comprend jusqu'ici que l'argon.

Disposant d'une certaine quantité de krypton et de xénon, nous avons examiné leur spectre d'absorption. Ces gaz étaient placés, à une pression voisine de la pression atmosphérique, dans des tubes de verre de 20^{cm} de long sur 1^{cm} de diamètre, fermés par des fenêtres de mica mince et traversés par les rayons dans le sens de la longueur. Dans ces conditions, l'absorption s'est montrée convenable et la bande cherchée a été reconnue à l'endroit prévu.

Nous avons trouvé :

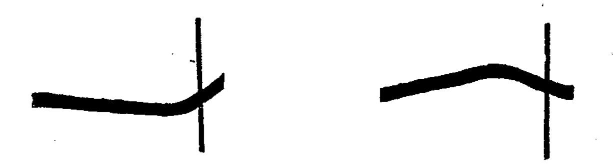
Pour le krypton............	$\lambda = 0,8648$	Å	$N = 36$
Pour le xénon.............	$\lambda = 0,3588$	Å	$N = 54$

Le dernier chiffre de ces deux nombres n'est donné qu'à titre d'indication, la précision de mesures n'allant pas aussi loin; le but principal de la recherche était surtout de vérifier la loi de Moseley dans le cas des éléments, toujours particulièrement intéressants, du groupe des gaz rares.

PHOTOGRAPHIE. — *Technique photographique pour la mise en évidence de faibles déformations dans les objets rectilignes.* Note de M. **L. Bull**, présentée par M. Charles Richet.

Pour que la déformation d'une ligne ou d'un profil soit visible directement, il ne suffit pas que cette déformation atteigne une certaine valeur absolue, il faut qu'elle ait aussi une certaine valeur relative, par rapport à la longueur de cette ligne ou de ce profil. Ainsi une flexion de 1^{mm} au centre d'une barre qui a 10^{m} de longueur est difficilement appréciable, tandis que dans une barrette de 1^{cm} de long la même déformation serait d'une évidence frappante.

La méthode suivante permet d'obtenir des images photographiques dans lesquelles les dimensions longitudinales et les dimensions transversales d'un objet ne sont pas représentées à la même échelle; où par exemple les longueurs sont très réduites et les largeurs très amplifiées, ou inversement. On peut constater ainsi sur ces images des déformations trop faibles pour être aperçues directement sur l'objet lui-même.



Principe de la méthode. — Sur un écran percé d'une étroite fente verticale on projette une image normale de l'objet. Derrière l'écran se trouve une surface sensible destinée à recevoir l'image transformée. Cette surface sensible se déplace d'un mouvement continu, perpendiculairement à la fente. En même temps on déplace, de la même façon et dans la même direction, l'image normale jusqu'à ce que toute la surface de celle-ci ait passé sur la fente. On obtient ainsi une production photographique complète de l'image originale.

Les proportions ne sont correctement rendues sur l'image reproduite que dans le cas où la vitesse de la surface sensible et celle de l'image normale sont rigoureusement égales. On conçoit donc qu'il soit possible de modifier à son gré le rapport des deux dimensions simplement en augmentant ou en diminuant l'une de ces vitesses.

L'image reproduite sera étirée en longueur si la vitesse de la surface sensible est plus grande que celle de l'image normale; si cette vitesse est plus faible, on obtient l'effet contraire. En projetant sur la fente une image normale très agrandie, on arrive facilement avec cette méthode à représenter l'une des dimensions de l'objet à une échelle plusieurs centaines de fois plus grande que celle de l'autre.

Cette méthode, combinée avec la cinématographie, devra trouver de nombreuses applications dans les recherches sur les déformations instantanées. La figure montre, comme exemple, deux aspects d'une corde de violon (la_3), mise en vibration par un archet, lequel est visible sous la forme d'un trait vertical à droite de l'épreuve. Dans ces images, l'échelle des dimensions transversales est 35 fois plus grande que celle des dimensions longitudinales.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la mesure quantitative de l'émanation du radium par le rayonnement α. Corrections dues à la pression et à la nature du mélange gazeux.* Note [1] de M. **Adolphe Lepape**, présentée par M. Charles Moureu.

1. Toutes choses égales d'ailleurs, le courant d'ionisation que provoque dans un gaz le rayonnement α émis par une quantité donnée d'émanation du radium varie avec la pression et la nature de ce gaz.

Les condensateurs à gaz utilisés pour les mesures sont généralement étalonnés à l'aide d'émanation mélangée à de l'air sous la pression de 760^{mm} et à la température de 15°. Une correction doit donc intervenir lorsque l'on opère, par exemple, aux stations de sources thermales, où la pression atmosphérique peut être notablement inférieure à 760^{mm} (altitude), ou si les gaz des sources sont très riches en anhydride carbonique.

2. Nous avons déterminé expérimentalement la correction à apporter aux mesures faites avec l'appareil de MM. Chéneveau et Laborde [2], lorsque le mélange gazeux, véhicule de l'émanation, qui remplit le condensateur (volume : 3140^{cm^3}; diam. intérieur : 12^{cm}; haut. int. : $27^{cm},5$; diam. de l'électrode : $0^{cm},8$), est : 1° de l'air sous une pression différente de 760^{mm}; 2° un mélange d'air et d'anhydride carbonique sous la pression atmosphérique.

(1) Séance du 28 mai 1923.

(2) Ch. Chéneveau et A. Laborde, *Journ. de Phys.*, mars 1909.

a. Influence de la pression. — Pour l'air à une pression voisine de 760^{mm}, Mme Curie a indiqué une formule de correction valable pour le condensateur particulier utilisé (440^{cm^3}) (1). Nous avons construit la courbe de correction de notre condensateur entre les pressions 450^{mm} et 880^{mm} et en utilisant des quantités d'émanation comprises entre 2, 5 et 28 millimicrocuries.

Nous rassemblons dans le Tableau suivant quelques valeurs choisies du courant d'ionisation maximum (vitesse de chute de la feuille de l'électroscope, trois heures après l'introduction de l'émanation) I_p, à la pression p, et les valeurs correspondantes du rapport $\frac{I_p}{I_0}$, I_0 étant le courant à la pression de 760^{mm} (erreur probable $\leqq 0,5$ pour 100).

Em. Ra (10^{-9} curie)...	3,2.		15.		20.		25.		Valeurs moyennes
Pression p..	I_p.	$\frac{I_p}{I_0}$.	I_p.	$\frac{I_p}{I_0}$.	I_p.	$\frac{I_p}{I_0}$.	I_p.	$\frac{I_p}{I_0}$.	de $\frac{I_p}{I_0}$.
450^{mm}....	0,72	0,827	2,99	0,806	3,67	0,814	5,0	0,825	0,816
550....	0,79	0,908	3,34	0,900	4,06	0,900	5,47	0,903	0,895
640....	0,84	0,965	3,57	0,962	4,36	0,967	5,84	0,964	0,961
720....	0,87	1,000	3,69	0,994	4,49	0,995	6,03	0,995	0,995
760....	0,87	1,000	3,71	1,000	4,51	1,000	6,06	1,000	1,000
800....	0,87	1,000	3,71	1,000	4,51	1,000	6,06	1,000	1,000

Pour le condensateur utilisé : 1° le rapport $\frac{I_p}{I_0}$ est indépendant de la quantité d'émanation, c'est à-dire du nombre total des ions; 2° ce rapport, fonction de la pression seule, croît jusqu'à la pression de 760^{mm} (croissance linéaire entre 450^{mm} et 600^{mm}), puis reste constant entre 760^{mm} et 800^{mm}.

La forme des courbes $I_p = f(I_0, p) = I_0 f(p)$ s'interprète en considérant : 1° que l'ionisation due aux rayons α est caractérisée beaucoup plus par les productions et recombinaisons d'ions réalisées le long de chaque trajectoire que par le nombre total de ces dernières [hypothèse de M. Langevin, vérifiée par Moulin (2)]; 2° que, du fait de l'absorption par les parois, les rayons α possèdent une multitude de parcours compris entre zéro et celui du RaC. Aux basses pressions, les longs parcours ont une influence prépondérante (ionisation proportionnelle à la pression), puis dès que la propor-

(1) Mme Curie, *Traité de Radioactivité*, t. 1, p. 287.

(2) M. Moulin, *Annales de Chimie et de Physique*, t. 21, 1910, p. 550; t. 22, 1911, p. 26.

tion des rayons α incomplètement utilisés correspond aux erreurs de mesure, l'ionisation reste constante quelle que soit la pression [1].

On voit qu'il est superflu de tenir compte des variations de la pression dès que celle-ci est supérieure à 720^{mm}. Les variations normales de température sont *a fortiori* négligeables.

Le facteur de correction doit acquérir une importance d'autant plus grande que les dimensions du condensateur sont plus réduites. Le Tableau suivant montre qu'il en est bien ainsi :

Pression p.	Grand condensateur. $\frac{I_p}{I_0}$.	Petit condensateur. $\frac{I_p}{I_0}$.
mm		
650	0,967	0,900
700	0,989	0,947
760	1,000	1,000
800	1,000	1,030

	Volume.	D. int.	H. int.
Grand condensateur	3140^{cm^3}	12^{cm}	$27^{cm},5$
Petit condensateur	450	6,7	$12^{cm},5$

b. Influence de l'anhydride carbonique. — Nous avons comparé les courants d'ionisation maxima dus à une même quantité d'émanation mise en présence soit d'air sec, I_a, soit d'un mélange d'air et d'anhydride carbonique, I_m, dans le même condensateur (3^1).

Voici les valeurs moyennes du facteur de correction $\frac{I_m}{I_a}$ (erreur probable : 1 pour 100) :

Volume CO^2.	CO^2 pour 100.	$\frac{I_m}{I_a}$.
cm^3		
0	0	1
300	9,55	0,98
500	15,95	0,965
1030	32,8	0,945
2000	63,7	0,93
2890	92	0,91

L'anhydride carbonique exerce donc une action déprimante notable sur le courant d'ionisation. Or, dans ce gaz, l'ionisation α totale est supérieure

---

(1) Cf. les expériences de MM. Geiger et Nuttall sur des sources ponctuelles de rayons α (*Phil. Mag.*, t. 22, 1911, p. 613).

de 23 pour 100 à ce qu'elle est dans l'air [1]. Mais, en sens opposé, la recombinaison des ions le long des trajectoires des rayons α est beaucoup plus intense dans CO^2 que dans l'air [2]. Dans les conditions de nos expériences (potentiel de l'électrode centrale : 300 volts environ), l'effet résultant est donc un accroissement du manque de saturation du courant d'ionisation.

3. En résumé, des corrections, habituellement négligées, doivent être appliquées aux mesures d'émanation du radium et leur importance dépend non seulement des variations de densité et de composition du gaz présent dans le condensateur, mais aussi des dimensions de ce dernier.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'entraînement du toluène à la vapeur.* Note de M. **Jean Barbaudy**, transmise par M. H. Le Chatelier.

On sait que lorsqu'on distille un mélange de deux liquides insolubles, à pression constante, le point d'ébullition et la composition de la vapeur sont fixes. Ce point d'ébullition est la température à laquelle la somme $P_A + P_B$ des tensions des constituants purs A et B est égale à la pression totale P supportée par le mélange. Le pourcentage moléculaire m_A du constituant A dans la vapeur est égal au produit par 100 du quotient $P_A : P$.

Portons maintenant notre attention sur un équilibre particulier, le système eau-toluène sous la pression de 760^{mm}. Une vapeur plus riche que $m_A = 55,73$ pour 100 en eau commence à se condenser à une température supérieure à $84°,34$, en donnant des gouttes d'eau pure. Dans le diagramme le point figuratif du système se trouve sur la courbe de rosée de l'eau. Quand la température s'abaisse, la quantité d'eau condensée augmente, mais ce n'est que lorsqu'on atteint $84°,34$ que la phase liquide toluène apparaît. La température se fixe et la condensation totale a lieu. Une vapeur, contenant moins de 53,73 molécules d'eau pour 100, présente des propriétés analogues, avec cette différence que maintenant c'est le toluène qui se condense le premier et que le système décrit alors la courbe de rosée du toluène. Ainsi l'isobare d'équilibre se compose de deux courbes de rosée, celle de l'eau et celle du toluène, et d'une ligne d'ébullition passant par le point d'intersection des deux courbes de rosée. Ce dernier point est donc un véritable point d'eutexie.

---

(1) Hess et Hornyak, *Sitz. Ber. Akad. Wiss. Wien*, t. 129, 1920, p. 661.

(2) M. Moulin, *loc. cit.*

D'après la façon même dont on peut calculer les coordonnées m_A et t de ce point d'eutexie, considéré comme étant un point de la courbe de rosée du constituant A, on peut remarquer que ce point de rosée ne dépend que de la tension de vapeur de A. La courbe de rosée de A est donc une courbe universelle, indépendante de la nature du constituant B et dépendant seulement de la pression totale P supportée par le système. En utilisant la formule de Dupré pour les tensions de vapeur, son équation s'écrit :

$$(1) \qquad m_A = 100 \frac{P_A}{P} = 100 \left(\frac{T_A}{T}\right)^N \exp. M\left[\frac{1}{T_A} - \frac{1}{T}\right],$$

où M et N sont des coefficients numériques dépendant de la nature de A, T et T_A ses points d'ébullition absolus sous les pressions respectives P et P_A.

Pour l'eau nous avons une première vérification de l'équation (1); ce sont justement les points d'eutexie avec différents constituants B qui jalonnent la courbe de rosée de l'eau. Le Tableau I donne quelques-uns de ces points (ramenés à 760^{mm}). Cette liste très incomplète a simplement pour but de montrer le domaine de validité de la formule (1).

Tableau I.

Corps B.	$T_A - 273°$.	m_A pour 100.	Observateurs.
Nitrobenzène	99°,5	98,2	Regnault.
Toluène	84,34	55,73	Regnault, Naumann, Barbaudy.
Chlorobenzène	72,3	33,95	S. Young.
Benzène	69,26	29,70	Regnault, Young, Naumann, etc.
Sulfure de carbone	43,4	8,73	Regnault, Naumann, etc.

Il me reste à montrer que la formule (1) s'applique aussi quand la vapeur n'est saturée que par rapport à un seul liquide, par exemple par rapport à l'eau. J'ai déterminé pour cela la solubilité de l'eau dans des vapeurs mixtes de toluène-eau :

Un générateur contenant les deux liquides fournissait l'eutectique gazeux. Cette vapeur était surchauffée à 100° par passage dans un manchon chauffé par un courant de vapeur d'eau. Le point figuratif de la phase était ainsi situé dans le domaine des vapeurs sous-saturées.

La vapeur allait ensuite barboter dans un ballon de 2^l à moitié plein d'eau et porté à une température comprise entre 95° et 100°, de 5° environ supérieure à celle que je voulais mesurer. Ce gros volume et cette grande surface de contact favorisaient l'établissement de l'équilibre. Pour être absolument certain de la saturation, la vapeur traversait ensuite un ser-

pentin plongé dans un thermostat dont la température était de 5° inférieure à celle du ballon; elle s'y condensait partiellement. Je prenais la température exacte de la vapeur au sommet du serpentin. La vapeur était totalement condensée et le distillat obtenu analysé. Voici mes résultats :

Pression.	$T_A - 273$ observé.	m_A trouvé.	m_A calculé.
mm 764,45	° 89,4	° 67,3	° 67,3
764,25	89,5	67,1	67,5
757,1	98,2	93,9	93,7
757,25	97,35	91,2	91,3

Malgré ces difficultés, j'ai tenu à employer une méthode dynamique pour me rendre compte de l'établissement pratique de l'équilibre dans un entraînement. La médiocre stabilité de ces équilibres a empêché la généralisation des séparations par entraînement. J'ai été obligé de surchauffer la vapeur eutectique avant de la saturer d'eau; sans cette précaution, j'avais une condensation partielle de toluène et le thermomètre oscillait constamment dans un intervalle de plusieurs degrés.

Je me propose de poursuivre ces mesures avec un appareil plus perfectionné.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence, sur la miscibilité du phénol et de l'eau, d'une troisième substance.* Note de M. **A. Boutaric** et de M[lle] **Y. Nabot**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Timmermans (¹) a montré que la courbe de miscibilité de deux liquides A et B en présence d'une troisième substance C, soluble seulement dans l'un des liquides, est tout entière extérieure à la courbe de miscibilité des deux liquides purs : la solubilité réciproque des deux liquides A et B diminue par l'addition de la substance C.

Nous avons étudié ce phénomène sur des mélanges de phénol et d'eau.

1. *Diminution relative de solubilité du phénol et de l'eau, à une température déterminée, par l'addition d'une troisième substance.* — Soit P le poids de phénol pour 100 de mélange. A une température déterminée, l'addition, au mélange phénol et eau, d'une substance soluble dans le phénol et insoluble dans l'eau, augmente le poids P pour les mélanges riches en phénol et le

(¹) Timmermans, *Z. ph. Ch.*, t. 58, 1907, p. 129.

diminue pour les mélanges riches en eau. Soit ΔP la variation, positive ou négative, de la composition.

a. La variation relative $\frac{\Delta P}{P}$, produite par une concentration déterminée de la substance dissoute dans le phénol, varie avec la température. Elle croît avec la température pour les mélanges riches en phénol et décroît pour les mélanges riches en eau.

b. La variation relative $\frac{\Delta P}{P}$, à une température donnée, ne dépend que de la concentration moléculaire, rapportée au phénol, de la substance C. C'est ce que montrent les résultats reproduits dans le Tableau suivant, où *c* désigne la masse de substance dissoute par gramme de phénol, et M la masse moléculaire de cette substance. Avec le salol, l'azobenzol, l'anthraquinone, insolubles dans l'eau, les variations $\frac{\Delta P}{P}$, pour des concentrations moléculaires égales, sont très voisines. Quand la substance C est soluble dans l'eau, la variation $\frac{\Delta P}{P}$ est moindre; c'est le cas de la naphtylamine, légèrement soluble dans l'eau; c'est également le cas de la naphtaline, considérée comme insoluble dans l'eau bien que lui communiquant une forte odeur.

$\frac{c}{M}$.	$\frac{\Delta P}{P}$.				
	Salol.	Azobenzol.	Anthraquinone.	Naphtylamine.	Naphtaline.
$0,01.10^{-3}$....	0,0060	0,0067	0,0067	0,0045	0,0052
$0,04.10^{-3}$....	0,0188	0,0188	0,0188	0,0120	0,0120
$0,1\ .10^{-3}$....	0,0377	0,0399	»	0,027	0,026

Pour les mélanges riches en eau, les substances dissoutes dans le mélange s'en séparent à basse température, même lorsque la concentration est faible (centinormale), et l'on ne peut obtenir des résultats ayant quelque précision. Nous avons cependant pu vérifier sur la naphtaline, qui demeure dissoute, que $\frac{\Delta P}{P}$ est sensiblement proportionnel à la concentration *c*.

2. *Élévation de la température d'équilibre des mélanges de phénol et d'eau d'une composition déterminée, par l'addition d'une troisième substance.* — *a.* Pour les mélanges riches en eau, aussi bien que pour les mélanges riches en phénol, l'élévation de température diminue à mesure qu'augmente la proportion de phénol dans le mélange.

b. Pour un mélange phénol et eau, riche en phénol, de composition

déterminée, l'élévation de la température d'équilibre ne dépend que de la concentration moléculaire.

Le Tableau ci-dessous donne les valeurs de l'élévation θ de la température d'équilibre, observées sur un mélange contenant 69 pour 100 de phénol (P = 69). Avec le salol, l'azobenzol, l'anthraquinone, qui sont insolubles dans l'eau, les élévations θ, pour des concentrations moléculaires égales, sont très voisines. La naphtylamine et la naphtaline donnent des élévations moindres.

$\frac{c}{M}$.	θ.				
	Salol.	Azobenzol.	Anthraquinone.	Naphtylamine.	Naphtaline.
$0,01.10^{-3}$....	1,1	1,2	1,2	»	1
$0,04.10^{-3}$....	3,6	3,6	3,6	2,5	2,6
$0,1\ .10^{-3}$....	8	8,7	»	5,9	5,6

Pour les mélanges riches en eau, les substances dissoutes se séparent à basse température et les résultats obtenus n'ont pas de signification précise.

3. *Comparaison des résultats précédents avec l'abaissement de solubilité étudié par Nernst.* — Nernst [1] a établi que la présence d'une substance C dans un solvant A diminue la solubilité de celui-ci dans un autre solvant B, la diminution relative de solubilité étant proportionnelle au rapport $\frac{n}{N}$ des nombres de molécules de C et de A présentes dans la phase de A en équilibre avec la solution lorsque celle-ci est saturée de A. Nos résultats sont qualitativement d'accord avec ceux de Nernst, mais non quantitativement. Ils ont, en effet, une autre signification : quand on refroidit le mélange phénol et eau, riche en eau, les gouttelettes qui se séparent et produisent le trouble sont formées par une solution de C dans le phénol, presque saturée, mais de concentration inconnue.

La considération des résultats relatifs aux mélanges riches en phénol montre que la présence, dans le phénol, d'un corps C insoluble dans l'eau, diminue la solubilité de l'eau dans le phénol : l'addition d'un corps C dans un solvant A diminue la solubilité, dans ce solvant, d'un autre liquide B. Cet énoncé complète celui de Nernst que nous venons de rappeler.

---

(1) Nernst, *Z. ph. Ch.*, t. 6, 1890, p. 16.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Une contribution à la théorie des moteurs à combustion interne.* Note [1] de M. **Marcus Brutzkus.**

Il faut attribuer le développement insuffisant de la théorie des moteurs à cette circonstance qu'on omet presque complètement de s'occuper de cette question importante : quelles sont les conditions qui permettent de réaliser complètement la réaction chimique de la combustion dans le court espace de temps (environ 0,05 seconde) que nous avons à notre disposition.

Démontrer que la chimie théorique peut donner une réponse pleinement satisfaisante à cette question, tel est le but de la présente Note.

La combustion dans les moteurs. — Cette combustion, comme toute réaction chimique, n'est pas instantanée, même dans les moteurs à explosion.

Il est évident que les variations de température, de pression et de concentration causées par la combustion précédente ont une grande influence sur la combustion qui va suivre.

Le trait caractéristique de la combustion dans les moteurs, trait qui la distingue de toutes les autres combustions, est qu'elle s'accompagne de grandes variations de volume et, par conséquent, de pression, déterminées par la course du piston. Les variations considérables de température et de concentration en sont une autre caractéristique. Pour arriver au but, il faut étudier l'influence de chaque facteur séparément.

Combustion dans les moteurs et variation de pression. — Si dans la formule de l'action de masse nous multiplions par m la pression générale, nous obtiendrons l'équation

$$\frac{p_1^{n_1} p_2^{n_2} p_3^{n_3} \ldots}{p_1'^{n_1'} p_2'^{n_2'} p_3'^{n_3'} \ldots} = k = \frac{m^{\Sigma n - \Sigma n'} p_{/1}^{n_1} p_{/2}^{n_2} p_{/3}^{n_3} \ldots}{p_{/1}'^{n_1'} p_{/2}'^{n_2'} p_{/3}'^{n_3'} \ldots}.$$

Nous pouvons déduire de cette formule trois lois fondamentales pour la théorie des moteurs :

Ire Loi. — Il est préférable, au point de vue de la rapidité et de la totalité de la réaction, de brûler des corps qui, dans la combustion, subissent une augmentation du nombre des molécules sous une pression continuellement croissante, dans la course de compression. Il est préférable de brûler des corps qui, dans la combustion, subissent une augmentation du nombre des molécules sous une pression continuellement décrois-

[1] Séance du 28 mai 1923.

sante dans la course de dilatation. Pour les corps qui brûlent sans variation du nombre des molécules, la variation de pression est indifférente.

IIe Loi. — Un corps convient d'autant mieux à la combustion dans les moteurs que la variation de son nombre des molécules est plus grande durant la combustion.

La pratique a élaboré deux principaux types de moteurs : moteurs à explosion dans lesquels on brûle les combustibles gazeux techniques, qui tous donnent une diminution du nombre des molécules; et moteurs à pression constante, qui brûlent les combustibles liquides qui tous donnent une augmentation du nombre des molécules. A la lumière des considérations ci-dessus, un moteur à explosion est un moteur qui brûle les corps dans la course de compression sous une pression croissante; un moteur à pression constante en est un qui brûle les corps dans la course de dilatation sous une pression continuellement décroissante. Le fait que tous les efforts tentés pour adapter le moteur Diesel à la combustion des gaz techniques sont restés vains prouve irréfutablement la justesse de la loi (I). Le fait que les gaz, comme le méthane et l'éthylène, dont le nombre des molécules ne varie pas, et les combustibles liquides, comme le benzol et la naphtaline, dont le nombre des molécules varie très peu (6 et 8 pour 100), brûlent dans les moteurs avec beaucoup de difficulté, prouve la justesse de la loi (II).

Combustion dans les moteurs et variation de concentration. — IIIe Loi. — L'introduction du gaz neutre ou de vapeur neutre dans le cylindre sans changement au volume total des gaz est indifférente, l'introduction de l'air est favorable pour le processus de la combustion dans tous les cas. L'introduction du gaz neutre ou de vapeur neutre avec augmentation du volume est utile dans le cas d'augmentation, elle est indifférente dans le cas d'invariabilité du nombre des molécules; elle est nuisible dans le cas d'une diminution du nombre des molécules pendant la combustion. L'introduction d'un excès d'air, suivie d'une augmentation de volume, favorise le processus de la combustion en cas d'augmentation ou d'invariabilité du nombre des molécules, et, en cas de diminution du nombre des molécules, cette influence est subordonnée aux rapports quantitatifs.

Combustion dans les moteurs et variation de température. — De la formule de Van't Hoff, on peut déduire la loi (IV) suivante :

IVe Loi. — La combustion dans les moteurs doit se faire sous des influences refroidissantes continues.

Ce refroidissement continuel dans les moteurs à explosion est produit

par les gaz non encore enflammés et par les parois, dans les moteurs à pression constante, par l'évaporation du combustible introduit graduellement, par la dilatation du gaz, par l'air injecté et par les parois.

Action générale des trois facteurs. — La vitesse d'une réaction chimique est la différence des vitesses dans les deux sens opposés. Conformément aux conclusions sus-indiquées, par une modification continuelle de t, p et c, nous pouvons augmenter considérablement la vitesse dans un sens et la diminuer dans l'autre; et il est ainsi possible de mener la réaction avec une vitesse donnée dans la direction voulue. En imprimant continuellement de l'extérieur des changements à p, t et c dans un sens déterminé, nous provoquerions un processus chimique agissant juste dans le sens contraire au sens de changement de p, t et c et très souvent les modifications produites par la réaction prévalent sur celles de l'extérieur et, en conséquence, t, p et c varient en sens opposé des influences extérieures. Dans les moteurs Diesel, il n'est possible de brûler en 0,05 seconde des huiles lourdes que parce qu'on agit de l'extérieur sur la réaction en abaissant continuellement la pression et la température et en augmentant c de l'oxygène. Pourtant la pression ne baisse habituellement, la température monte et la concentration de l'oxygène diminue. Nous arrivons ainsi à un principe chimico-technologique général suivant :

Toute réaction chimique peut être conduite dans une direction voulue avec une vitesse voulue par une modification extérieure continue de la pression, de la température, de la concentration, dans le sens opposé à celui des variations provoquées par la réaction désirée.

L'expérience demi-séculaire dans le domaine des moteurs à combustion interne peut servir de preuve expérimentale à ce principe.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Méthode continue de déshydratation de l'alcool et de certains liquides organiques.* Note (¹) de M. **Henri Guinot**, présentée par M. Charles Moureu.

Dans un Mémoire publié en 1902 (²) Young a le premier indiqué un mode de préparation de l'alcool absolu consistant à distiller l'alcool hydraté en présence de certains liquides ayant la propriété de donner séparément avec l'eau et l'alcool des mélanges à point d'ébullition minimum

(¹) Séance du 28 mai 1923.

(²) Young, *Journ. of the Chem. Soc.*, t. 81, 1902, p. 707.

dits mélanges azéotropiques. Si l'on ajoute par exemple du benzène à de l'alcool hydraté et qu'on distille en utilisant une colonne ayant un très fort pouvoir de séparation, il passe d'abord à la température de 64°,85 un mélange d'eau, d'alcool et de benzène sensiblement constitué d'après Young par : 18,5 d'alcool, 7,4 d'eau et 74,1 de benzène. Une fois l'eau complètement chassée, et si la quantité de benzène ajoutée a été suffisante il distille à 68°,25 un mélange composé de 32,41 d'alcool et de 67,59 de benzène. Lorsque tout le benzène est éliminé il reste dans le récipient de l'alcool absolu.

En réalité la séparation de l'alcool des mélanges ternaires et binaires ne s'effectue pas d'une manière aussi idéale et en définitive, on n'obtient qu'une faible quantité d'alcool anhydre pur par rapport à celle qu'on a mise en œuvre, la majeure partie passant dans des mélanges bâtards d'alcool et de benzène difficiles à récupérer. Quelques auteurs, comme Chavanne ([1]), Wade et Fiunernore ([2]), Lecat ([3]), ont repris la question et étudié des liquides accessoires autres que le benzène, mais sans modifier toutefois la technique du procédé, c'est-à-dire sans le rendre pratiquement utilisable.

Reprenant nous-même le problème, nous avons pu, en utilisant une remarque dont Young n'avait pas songé à tirer parti, imaginer un mode opératoire continu de déshydratation dans lequel la même quantité de liquide accessoire sert de façon indéfinie à provoquer la séparation de l'eau et de l'alcool, chacun d'eux étant obtenu à l'état pur.

Nous avons observé que les liquides accessoires susceptibles d'être utilisés dans la méthode de Young donnent naissance à des mélanges azéotropiques ternaires qui décantent généralement en deux couches dont l'une contient la presque totalité de l'eau entraînée dans le mélange et l'autre la presque totalité du liquide accessoire. C'est ainsi que dans le cas très favorable du trichloréthylène on obtient un mélange azéotropique ternaire se séparant en deux couches de composition suivante :

	Couche supérieure (13 % du mél. azéot. total).		Couche inférieure (87 % du mél. azéot. total).
Eau.................	40 vol. %		2 vol. %
Trichloréthylène.....	5 »		77 »
Alcool..............	21 »	(contraction)	21 »

([1]) Chavanne, *Bull. Soc. chim. Belg.*, t. 27, 1913, p. 205.

([2]) Wade et Fiunernore, *Trans. Chem. Soc.*, t. 85, 1904, p. 946.

([3]) Lecat, *La tension de vapeur des mélanges liquides : L'azéotropisme*, H. Lamertin, Bruxelles.

Ces chiffres montrent que la couche inférieure contient les 99 pour 100 du trichloréthylène entraîné dans le mélange ternaire total. Dans un procédé continu, on pourra donc constamment la retourner dans le récipient contenant l'alcool à déshydrater de façon à lui faire enlever une nouvelle quantité d'eau. Quant à la couche supérieure contenant presque la moitié de son volume d'eau, sa déshydratation sera, de ce fait même, rendue très facile. On peut la faire circuler d'une façon continue dans une colonne chargée d'un sel déshydratant, ou mieux encore, la traiter par distillation. Dans ce dernier cas, étant donnée la faible quantité de trichloréthylène contenue dans le liquide, c'est ce produit qui se trouvera facilement éliminé à l'état de mélange ternaire bouillant à 67°, 1, le résidu étant de l'alcool très hydraté dont la récupération est facile. Partant de ces principes on peut imaginer un appareillage réalisable même au laboratoire et permettant de déshydrater l'alcool de façon très pratique.

On effectue le mélange de l'alcool hydraté et du corps entraîneur sur les plateaux mêmes d'une colonne à distiller; chaque plateau constitue en quelque sorte un ballon à distiller où l'on répète l'expérience de Young. Le mélange ternaire dont le point d'ébullition est inférieur d'au moins 10° à celui de l'alcool, vient se classer au sommet de la colonne, tandis que l'alcool anhydre pur est rejeté vers le bas; enfin dans la zone intermédiaire s'analyse un mélange d'alcool très pur hydraté et de liquide entraîneur. Ce dernier est ajouté une fois pour toutes, en quantité suffisante pour obtenir une grande vitesse de déshydratation, mais aussi sans excès pour ne pas souiller l'alcool absolu produit.

Les vapeurs de mélange ternaire, une fois condensées, se rendent dans un décanteur où s'effectue la séparation en deux couches. La couche la plus riche en liquide entraîneur est renvoyée sur la colonne afin d'aller extraire une nouvelle quantité d'eau; la couche la plus aqueuse est au contraire dirigée sur une petite colonnette où par ébullition elle cède rapidement le corps entraîneur qu'elle contient. Au bas de la colonnette s'écoule donc de l'alcool hydraté (titrant 60° à 80°) facilement séparé en eau que l'on rejette et en alcool à 96° que l'on retourne dans la colonne principale.

Le problème se trouve donc bien résolu puisqu'en définitive on obtient l'alcool anhydre d'une part, et qu'on élimine de l'eau pure d'autre part.

De nombreux liquides peuvent être utilisés comme corps accessoire pour la déshydratation de l'alcool. Nous avons en particulier expérimenté le trichloréthylène, le tétachlorure de carbone, le benzéne, le cyclohexane, certaines essences de pétrole bien définies, les aldéhydes butylique et isobutylique, le chlorure de butyle, l'acétate d'éthyle.

En principe un bon liquide accessoire doit conduire à un mélange ternaire aussi riche que possible en eau, celle-ci se trouvant très concentrée dans l'une des deux couches; sa séparation de l'alcool absolu doit être aisée.

Généralisation de la méthode. — Il est intéressant de noter que la technique exposée dans la présente Note est susceptible d'être généralisée et appliquée à d'autres liquides que l'alcool éthylique. On peut traiter par exemple l'alcool méthylique, corps relativement difficile à obtenir anhydre par simple rectification : les alcools propylique et isopropylique, les alcools butyliques, la chlorhydrine du glycol, etc. Dans chaque cas il faut tout d'abord rechercher le liquide accessoire le plus favorable.

Dans un ordre d'idées, un peu différent, la méthode peut s'appliquer à la concentration de l'acide acétique que nous avons réalisée avec les acétates de butyle et d'amyle, à celle de la glycérine dont l'étude est actuellement en cours et enfin à celle de certains acides gras dont la déshydratatiou par les procédés habituels est parfois difficile.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Acides salicyliques iodés.*

Note de MM. **P. Brenans** et **C. Prost**, présentée par M. A. Haller.

Les acides salicyliques monoiodés déjà décrits sont les isomères

$$C^6H^3\underset{5}{I}\underset{2}{(OH)}\underset{1}{(COOH)} \quad \text{et} \quad 1.2.3.$$

Schmitt, puis Goldberg ([1]) ont obtenu l'isomère 1.2.5 en décomposant par l'acide iodhydrique le diazoacide

$$C^6H^3 \begin{cases} COOH & (1) \\ O\diagdown & (2) \\ N = N & (5) \end{cases}$$

préparé avec l'acide aminosalicylique, fourni par la réduction de l'acide nitrosalicylique $C^6H^3\underset{5}{(NO^2)}\underset{2}{(OH)}\underset{1}{(COOH)}$.

L'isomère $C^6H^3\underset{3}{I}\underset{2}{(OH)}\underset{1}{(COOH)}$ n'a pas été préparé par cette méthode qui seule conduit à un isomère de constitution certaine. Il a été obtenu par Miller ([2]) qui établit sa constitution en le transformant par fusion avec la potasse en acide orthodioxybenzoïque $C^6H^3\underset{3}{(OH)}\underset{2}{(OH)}\underset{1}{(COOH)}$ qui par distillation sèche donne la pyrocatéchine.

([1]) Schmitt, *Zeitsch. für Chemie*, 1864, p. 322. — Goldberg, *J. für prat. Chem.*, t. 19, 1879, p. 359.

([2]) Miller, *Liebig's Ann. der Chem.*, t. 220, p. 118.

Un isomère diiodé $C^6H^2\underset{3.5}{I^2}\underset{2}{(OH)}\underset{1}{(COOH)}$ a été décrit avec des propriétés qui ne concordent pas. On le considère généralement comme l'isomère 1.2.3.5.

Nous avons préparé les dérivés monoiodés en utilisant l'action de l'acide iodhydrique sur les diazoïques.

D'abord l'acide nitrosalicylique $C^6H^3\underset{5}{(NO^2)}\underset{2}{(OH)}\underset{1}{(COOH)}$ a été réduit en acide aminosalicylique $C^6H^3\underset{5}{(NH^2)}\underset{2}{(OH)}\underset{1}{(COOH)}$ dont le sulfate de diazoïque, décomposé par l'acide iodhydrique, nous a fourni l'acide iodosalicylique 1.2.5. Puis le sulfate de diazoïque de l'acide aminosalicylique 1.2.3 préparé avec l'acide nitrosalicylique 1.2.3 nous a donné avec l'acide iodhydrique l'isomère $C^6H^3\underset{3}{I}\underset{2}{(OH)}\underset{1}{(COOH)}$.

Nous avons préparé l'isomère 1.2.5, par un autre moyen, en réduisant par le protochlorure d'étain en solution chlorhydrique l'acide benzène azosalicylique $C^6H^5 - N = N - C^6H^3\underset{2}{(OH)}\underset{1}{(COOH)}$ déjà obtenu par Limpricht [1]. L'acide aminosalicylique ainsi obtenu a été diazoté et le sulfate du diazo décomposé par l'acide iodhydrique en acide iodosalicylique.

Nous avons préparé avec ces acides iodosalicyliques isomères des dérivés qui permettent de les identifier.

Enfin, l'un et l'autre de ces acides salicyliques monoiodés ont été transformés en un même acide salicylique diiodé $C^6H^2\underset{3.5}{I^2}\underset{2}{(OH)}\underset{1}{(COOH)}$ dont la constitution de ce fait n'est plus douteuse.

Acide iodosalicylique $C^6H^3\underset{5}{I}\underset{2}{(OH)}\underset{1}{(COOH)}$. — On ajoute peu à peu à un mélange de 5g,70 de chlorhydrate de l'acide aminosalicylique $C^6H^3\underset{5}{(NH^2, HCl)}\underset{2}{(OH)}\underset{1}{(COOH)}$ et de 60cm³ d'eau, 8g d'acide sulfurique concentré. On agite, la dissolution qui, en refroidissant, abandonne le sulfate de la base a un état très divisé. On introduit lentement dans le mélange refroidi à 0° une solution aqueuse renfermant 2g,30 de nitrite de soude. Quand la diazotation est achevée, on verse la bouillie renfermant le sulfate du diazo jaune clair, peu soluble, dans 12 à 15g d'acide iodhydrique concentré refroidi, on porte peu à peu la solution colorée obtenue à 80°-90°; le dégagement d'azote commence vers 40° et l'acide iodosalicylique précipite. On ajoute à la liqueur refroidie un peu de gaz sulfureux pour enlever l'iode en excès; on obtient ainsi 7g,20 d'acide iodosalicylique brut. Pour le purifier, on le dissout dans l'alcool à 60°, on maintient à l'ébullition la solution additionnée de noir animal; la dissolution filtrée

---

(1) LIMPRICHT, *Liebig's Annalen*, t. 263, p. 224.

chaude laisse déposer l'acide monoiodé en aiguilles blanches fusibles à 198°, très solubles dans les solvants organiques, le chloroforme et le benzène exceptés.

Analyse. — Théorie : I pour 100, 48,10. Trouvé : 47,80.

L'éther acétique $C^6H^3\underset{5}{I}(\underset{2}{OCOCH^3})(\underset{1}{COOH})$, obtenu au moyen de l'anhydride acétique, cristallise dans le chloroforme en aiguilles fines fusibles à 166°.

Analyse. — Théorie : I pour 100, 41,5. Trouvé : 41,64.

L'éther éthylique $C^6H^3I(OH) - (COOC^2H^5)$ a été préparé par Schmitt (*loc. cit.*) par l'action de l'iodure d'éthyle sur le sel d'argent délayé dans l'alcool absolu. Nous n'avons pas pu l'obtenir par cette méthode, mais nous l'avons préparé avec un bon rendement en maintenant à l'ébullition pendant 18 heures une solution d'acide iodo-salicylique dans 10 fois son poids d'alcool absolu contenant $\frac{15}{100}$ d'acide sulfurique. Aiguilles longues, incolores, d'odeur aromatique, fusibles à 70°-71°.

L'acide salicylique monoiodé qu'on a préparé en décomposant par l'acide iodhydrique le sulfate du diazoïque de l'acide aminosalicylique de Limpricht (*loc. cit.*) possède les propriétés de l'isomère 1.2.5. Son éther acétique est identique à l'éther acétique du précédent. Ce fait fixe la constitution de l'acide benzène azosalicylique de ce savant; c'est l'azoïque

$$C^6H^5 - N = \underset{5}{N} - C^6H^3 - \underset{2}{(OH)} - \underset{1}{(COOH)}.$$

$C^6H^3\underset{3}{I}\underset{2}{(OH)}\underset{1}{(COOH)}$. — On diazote le sulfate de l'acide aminosalicylique

$$C^6H^3\underset{3}{(NH^2)}\underset{2}{(OH)}\underset{1}{(-COOH)}$$

dans les mêmes conditions que le sulfate de l'isomère 1.2.5. On décompose par l'acide iodhydrique le diazo jaune, peu soluble. Le rendement en produit brut a été de 6g,75 en partant de 5g,70 de chlorhydrate de la base.

On le purifie par ébullition de sa solution alcoolique avec du noir animal.

Il cristallise en fines aiguilles, un peu rosées, fusibles à 199° très solubles dans les solvants usuels, le chloroforme et le benzène exceptés.

Analyse. — Théorie : I pour 100, 48,10. Trouvé : 48,65.

Son éther acétique, obtenu avec l'anhydride acétique, cristallisée, dans l'alcool faible, en lamelles blanches fusibles à 135°.

Analyse. — Théorie : I pour 100, 41,50. Trouvé : 40,90.

L'éther éthylique n'a pas pu être obtenu par l'action de l'iodure d'éthyle en vase ouvert sur son sel d'argent.

Obtenu par l'action de l'acide sulfurique en présence d'alcool sur l'acide iodosalicylique il constitue une huile incolore.

Acide salicylique diiodé $C^6H^2\underset{3.5}{I^2}\underset{2}{(OH)}\underset{1}{(CO\,OH)}$. — On ajoute peu à peu et alternativement à une solution de 2g, 64 d'acide monoiodosalicylique 1.2.5 dans 25g d'alcool 2g,54 d'iode pulvérisé et 1g,08 d'oxyde jaune de mercure. La réaction terminée, on distille la solution alcoolique séparée du biiodure de mercure. Le résidu est traité par

une solution chaude de carbonate de soude. Cette solution de diiodosalicylate de soude filtrée et additionnée d'acide chlorhydrique fournit l'acide diiodé sous forme d'un produit blanc; on le purifie par cristallisation dans l'alcool à 60°. Aiguilles fines, blanches, fusibles à 228° très solubles dans les solvants organiques, le chloroforme et le benzène exceptés.

Analyse. — Théorie : I pour 100, 65,12. Trouvé : 64,64.

En opérant dans des conditions identiques, l'acide iodosalicylique 1.2.3 fournit le même acide diiodosalicylique.

L'acide salicylique diiodé ayant ces deux origines est bien l'isomère 1.2.3.5.

Éther acétique $C^6H^2\underset{3.5}{I^2}\underset{2}{(OCOCH^3)}\underset{1}{(COOH)}$, obtenu avec l'anhydride acétique, cristallise dans le chloroforme en lamelles, dures, blanches, fusibles à 153°.

Analyse. — Théorie : I pour 100, 58,79. Trouvé : 59,44.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de la chaleur sèche sur les sels alcalino-terreux des acides carbaminés.* Note (¹) de M. A. **Blanchetière**, présentée par M. Charles Moureu.

Lorsqu'on fait passer un courant de CO^2 dans une solution aqueuse équimoléculaire d'un acide α-aminé et d'une base alcalino-terreuse, en présence de phtaléine, jusqu'à décoloration de celle-ci, il se précipite un sel d'acide carbaminé de formule

$$\begin{array}{lcl} R - CH & \text{———} & CO \\ \quad\ \ | & & \ | \\ \quad NH & & \ O \\ \quad\ \ | & & \ | \\ \quad CO & - O - & M'' \end{array}$$

sel qui, par ébullition de sa solution aqueuse, se décompose en carbonate alcalino-terreux et en sel alcalino-terreux de l'amino-acide correspondant.

Quelle est l'action de la chaleur sèche sur ce même composé en l'absence d'eau? J'ai pensé qu'il pouvait y avoir clivage d'une molécule de carbonate alcalino-terreux, et union du reste organique avec un reste analogue provenant d'une seconde molécule suivant l'équation

$$2\ \begin{array}{lcl} R - CH & \text{———} & CO \\ \quad\ \ | & & \ | \\ \quad NH & & \ O \\ \quad\ \ | & & \ | \\ \quad CO & - O - & M'' \end{array} = CO^3M'' + \begin{array}{lcl} R - CH & - & CO \\ \quad\ \ | & & \ | \\ \quad NH & & NH \\ \quad\ \ | & & \ | \\ \quad CO & - & CH - R \end{array}$$

(¹) Séance du 28 mai 1923.

c'est-à-dire avec formation d'une dicétopipérazine, par une réaction analogue à celle qui permit à E. Fischer d'obtenir ces dernières aux dépens des éthers d'amino-acides :

$$\begin{array}{l} R-CH-COOCH^3 \\ \quad\;\; | \\ \quad NH^2 \,|\, NH^2 \\ \qquad\quad\;\; | \\ CH^3-O-OC-CH-R \end{array} = 2CH^3OH + \begin{array}{l} R-CH-CO \\ \quad\; | \qquad | \\ \quad NH \quad NH \\ \quad\; | \qquad | \\ CO-CH-R \end{array}$$

L'action de la chaleur sur le carbamino-acétate de baryum sec à 130°, 150° et 170° permet d'obtenir, par épuisement aqueux, une substance azotée cristalline renfermant de petites quantités de baryum, dont la teneur en azote est plus élevée que celle du glycocolle qui lui a donné naissance.

Les produits bruts d'extraction ont fourni à l'analyse :

I. Produit obtenu à 130° :	N pour 100.......	19,63
	Ba »	2,48
II. » à 150° :	N pour 100.......	21,16
	Ba »	1,95
III. » à 170° :	N pour 100.......	18,22
	Ba »	non dosé

Sur le produit obtenu à 150°, présentant la teneur en azote le plus élevée, la purification fut tentée : 1° par cristallisation fractionnée; 2° par précipitation fractionnée au moyen de l'alcool. Dans les deux cas, contrairement à ce qu'on pouvait espérer, la teneur en azote s'abaisse au lieu d'augmenter : dans le premier cas la teneur en azote s'abaissa à N pour 100 : 18,49; et dans le second N pour 100 : 19,2. Le produit obtenu s'altère donc en présence de l'eau, d'autant plus profondément que son contact avec ce liquide est plus prolongé, et en faisant retour au type glycocolle; sa teneur en azote 18,49 pour 100 étant très voisine de celle de cet amino-acide 18,67 pour 100. Il fournit, en outre, avec l'hydrate de cuivre un sel qui a été identifié avec le glycocollate de cuivre.

Le produit cristallin brut obtenu primitivement est en outre insoluble dans tous les solvants usuels : éther, éther de pétrole, alcools (méthylique, éthylique, butylique, amylique), toluène, acétone, chloroforme, acétate d'éthyle, CS^2, CCl^4, pyridine, phénol (à chaud, suivi d'épuisement à l'éther). Par contre, l'épuisement par la glycérine à chaud, suivi d'une précipitation par un excès d'alcool à 95 pour 100, fournit un précipité colloïdal volumineux qui, lavé à l'alcool et séché dans le vide, est d'un poids infime et s'est fortement coloré en brun. Le produit de réaction primitif ne fond pas, mais s'altère en brunissant à partir de 185° environ.

Deux faits saillants ressortent de ces recherches : 1° l'obtention d'une substance plus riche en azote que l'amino-acide primitif; 2° la labilité extrême de ce composé avec retour à l'amino-acide qui lui a donné naissance.

La teneur en azote du produit brut obtenu à 150 (21,16 pour 100) est très voisine de celle de la glycylglycine (N pour 100 : 21,21); elle lui est cependant supérieure, si l'on calcule en glycinate le baryum présent, et si on le déduit de la substance brute dont la teneur en azote devient alors N pour 100 : 21,61. Cette substance se différencie d'ailleurs de la glycylglycine par son hydrolyse facile avec production de glycocolle. Cette facile hydrolyse le distingue également de la cycloglycylglycine (N pour 100 : 24,56) qui ne dissout pas d'hydrate de cuivre à l'ébullition.

La seule hypothèse plausible est donc qu'on a affaire à un mélange de glycocolle et de son anhydride interne : ce dernier se formant d'après l'équation

$$\begin{array}{lcl} CH^2 & \text{———} & CO \\ | & & | \\ NH & & O \\ | & & | \\ CO & - \; O \; - & Ba \end{array} = CO^3Ba + \begin{array}{l} CH^3 - CO \\ | \quad\;\; / \\ NH \end{array}$$

anhydride identique à celui obtenu par Leuchs ([1]) par action de la chaleur sur l'anhydride de l'acide glycine-carbonique

$$\begin{array}{ll} CH^2 - CO & \\ | & | \\ NH & | \\ | & | \\ CO - O & \end{array} = CO^2 + \begin{array}{l} CH^2 - CO \\ | \quad\;\; / \\ NH \end{array}$$

Les propriétés chimiques paraissent identiques dans les deux cas.

L'action de la chaleur sur le carbamino-propionate de baryum est beaucoup moins nette que sur le composé précédent. L'épuisement par l'eau ne fournit que des traces d'une substance gommeuse, d'ailleurs assez fortement colorée et renfermant de petites quantités de baryum.

GÉOLOGIE. — *Rôle des Crinoïdes dans l'histoire des minerais de fer oolithique secondaires.* Note de M. L. **Cayeux**, présentée par M. H. Douvillé.

Les restes de Crinoïdes jouent un rôle important et insoupçonné dans l'histoire de nos minerais de fer oolithique des temps secondaires. Ce rôle

---

([1]) Leuchs, *Berichte*, t. 39, 1906, p. 157.

est double. Ils interviennent en tant qu'éléments constituants, et, par surcroît, lorsqu'ils abondent, leur présence implique toujours un certain état du fer.

1. Les représentants des Crinoïdes figurent dans tous les minerais de fer oolithique d'origine marine. Au total, ils réalisent trois manières d'être : articles indépendants des oolithes, plus au moins roulés et usés, voire même fragmentaires; articles servant de noyaux à des oolithes; et, par exception, débris résultant d'une trituration des articles poussée à l'extrême, tellement exigus et nombreux qu'ils engendrent une véritable vase très fine servant de ciment [minerais de Villebois et Serrières (Ain)].

On désigne couramment sous le nom de minerais oolithiques des dépôts à base de restes de Crinoïdes minéralisés, convertis en fausses oolithes. Je citerai, parmi les plus intéressants, les minerais hettangiens de Thoste et Beauregard (Côte-d'Or). D'autres minerais, non pseudo-oolithiques, méritent d'être signalés par la profusion des restes de Crinoïdes qu'on y rencontre. De ce nombre sont les minerais du Lias supérieur de Villebois et Serrières (Ain), de La Verpillière (Isère), de Saint-Priest et des Avelas (Ardèche). Enfin, il est un grand nombre de minerais où les restes de Crinoïdes, sans être prépondérants, tiennent une place qui n'est pas du tout négligeable.

Au point de vue numérique, il est donc vrai de dire que la contribution des restes de Crinoïdes à la constitution des minerais de fer, dits *oolithiques*, de l'époque secondaire est de grande importance.

Loin de garder leur composition première, les articles de Crinoïdes sont généralement minéralisés. En somme, tous les composés ferrugineux en jeu y sont représentés, soit comme produit de remplissage du réseau cellulaire, soit comme produit de substitution au squelette calcaire. Le fait est d'autant plus intéressant que les transformations minéralogiques des articles marchant de pair avec celles des oolithes, il y a toutes raisons de croire que les uns et les autres ont un même point de départ calcaire.

2. Lorsqu'on jette un coup d'œil d'ensemble sur la composition de nos minerais de fer oolithique mésozoïques, on s'aperçoit que les types pétris de restes de Crinoïdes sont invariablement des minerais d'hématite rouge et de fer oligiste. Je citerai, à titre d'exemples, les minerais hettangiens de Bourgogne avec leurs Cardinies en fer oligiste, les minerais toarciens du Jura méridional [Villebois et Serrières (Ain)], de La Verpillière (Isère), de la région lyonnaise et de l'Ardèche, les minerais bajociens et bathoniens de Privas et ceux du Callovien de La Voulte (Ardèche). Cette association de nombreux articles de Crinoïdes et de peroxyde de fer

anhydre signifie, sans conteste, que la matière organique est susceptible de jouer un rôle décisif dans l'élaboration de l'hématite rouge et du fer oligiste. S'il en est ainsi, il faut voir dans l'intervention de la matière organique une preuve que la minéralisation des oolithes et des organismes est, pour ainsi dire, contemporaine de la sédimentation, notion d'ailleurs corroborée par toute une série d'observations.

La distribution de l'hématite rouge et du fer oligiste, en liaison intime avec l'abondance des restes de Crinoïdes, entraîne cette conséquence que le grand développement de l'oxyde de fer anhydre dans la série secondaire de France est fonction, non de l'âge des minerais, mais des conditions de milieu réalisées au moment même de la sédimentation. Il s'ensuit qu'une foule de minerais du Lias supérieur sont formés d'hématite brune, alors que des minerais plus récents le sont par de l'hématite rouge et de l'oligiste, sans qu'on puisse jamais faire intervenir des actions métamorphiques spéciales pour expliquer ces différences. Seul, le degré de fréquence des Crinoïdes, et partant de la matière organique, peut être mis en cause.

En résumé, les Crinoïdes jouent un rôle chimique très important dans l'histoire des minerais de fer oolithique secondaires de France.

GÉOLOGIE. — *Sur le Néocrétacé du Daralagœz (Transcaucasie méridionale).* Note de M. **Pierre Bonnet**, présentée par M. Émile Haug.

J'ai fait connaître dernièrement l'existence, dans le massif du Daralagœz, de l'étage Coniacien à Ammonoïdés ([1]), et j'ai attribué les couches saumâtres à faciès de Gosau, que j'ai décrites de cette région, à la partie inférieure du même étage ([2]).

Je puis en outre établir maintenant la succession complète des trois autres étages du groupe Néocrétacé, lequel, abstraction faite de ce que j'en ai déjà signalé moi-même, n'était connu jusqu'ici que par les quelques fossiles trouvés par Abich.

Cette succession, reposant sur les formations volcaniques mésocrétacées, peut, dans le Daralagœz, partie la plus bathyale du géosynclinal des chaînes de l'Araxe moyen, se résumer de la façon suivante :

I. Coniacien. — 1° Calcaires gréseux jaunes à faune saumâtre de Gosau; 2° calcaires

([1]) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1339.
([2]) *Comptes rendus somm. Soc. Géol. Fr.*, n° 9, 1923, p. 80.

gréseux gris à *Barroisiceras Haberfellneri* Hau.; 3° calcaires gris à Inocérames, *Gauthiericeras Margæ* Schlüt.

II. SANTONIEN. — 1° Calcaires gris à *Mortoniceras texanum* Röm.; 2° calcaires marneux gris à *Sonneratia Savini* Gross., *Inoceramus Lamarcki* Park., *I. striatus* Orb.

III. CAMPANIEN. — 1° Calcaires gris à *Echinocorys ovatus* Leske, *Echinoconus conicus* Breyn.; 2° calcaires crayeux blanchâtres à *Micraster* du gr. de *Brongniarti*.

IV. MAESTRICHTIEN. — 1° Calcaires crayeux gris blanc à *Parapachydiscus Levyi* Gross., *P. neubergicus* Hau., *P. Brandti* Redt., *P. Brandti* var. *Pegoti* Gross., *Hauericeras Rembda* Forb., *Inoceramus regularis* Orb. très abondant, *I. Goldfussi* Orb. (non *regularis* Perv.), *I. Cuvieri* Sow., *I. Brongniarti* Sow., *Hœnleinia* sp.; 2° calcaires marneux jaune clair à *Parapachydiscus Brandti* Redt., *P. Levyi* Gross., *P. colligatus* v. Binkh., *Hamites* sp., *Austinocrinus Erckerti* Dam., *Stegaster* cf. *Cotteaui* Seunes, *St.* cf. *altus* Seunes, *Inoceramus Goldfussi* Orb.; 3° calcaires gréseux jaunes, très peu fossilifères, avec rares Inocérames et fragments d'autres Lamellibranches.

Les quatre termes du Sénonien sont donc représentés ici sans interruption, bien définis par des éléments caractéristiques, et forment une série néocrétacée complète.

Cette succession montre nettement la transgressivité progressive du Néocrétacé sur les formations volcaniques mésocrétacées. La série débute par les couches saumâtres du Coniacien inférieur; le régime géosynclinal se rétablit dès la zone à *Barroisiceras Haberfellneri*, et le mouvement d'approfondissement continue régulièrement avec les termes suivants pour aboutir, au Maestrichtien, à des dépôts crayeux de type franchement bathyal, et se terminer, tout à fait au sommet, par un stade régressif.

C'est avec le Maestrichtien que le maximum de profondeur est réalisé, ainsi que le maximum d'extension des eaux : les dépôts couvrent alors de grands espaces, empiétant même directement sur les dômes anciens carbonifères. Mais cette transgression, tout en contribuant à une unification de la faune, n'apporte qu'une atténuation, sans arriver à les effacer entièrement, aux grandes différences de faciès de la base du Coniacien que j'ai antérieurement décrites (1).

De même que les terrains précédents, le Maestrichtien présente son maximum de profondeur dans le Daralagœz, centre du géosynclinal des chaînes de l'Araxe moyen, et c'est uniquement là que j'ai trouvé à sa base le Campanien bien individualisé et réalisant, de plus, le faciès des calcaires crayeux à *Micraster* absent partout ailleurs. C'est là enfin le seul point où la partie supérieure du Maestrichtien, quoique nettement régressive, soit au

(1) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1589.

moins représentée, les mouvements d'exhaussement du fond, prélude des plissements antélutétiens, atteignant ici leur minimum.

Si l'on cherche à établir un parallélisme entre cette série et le Néocrétacé des régions voisines, on constate d'abord l'absence de successions aussi complètes, avec Ammonoïdés, surmontant des couches saumâtres à faciès de Gosau, non seulement dans tout le reste de l'isthme caucasien, mais aussi dans les arcs taurique et iranien qui l'encadrent. L'insuffisance des données que nous possédons actuellement sur ces régions nous permet de dire qu'il n'existe aucune raison de ne pas supposer le prolongement des mêmes dépôts néocrétacés dans les régions géosynclinales voisines. Toujours est-il qu'il faut aller, quant à présent, pour trouver des séries comparables, jusqu'à l'Inde péninsulaire d'un côté (Trichinopoli) et jusqu'aux Alpes calcaires septentrionales de l'autre : ce n'est que dans ces deux régions, en effet, que nous trouvons une faune comparable et une même transgression du Néocrétacé, empiétant sur des terrains anciens, débutant par des couches semblables semi-marines, et aboutissant à des dépôts bathyaux à Ammonoïdés.

La Transcaucasie méridionale jouerait donc encore au Néocrétacé le rôle de jalon, comme je l'ai déjà montré notamment pour le Trias, entre ces deux points extrêmes du géosynclinal alpin-himalayen.

PALÉOBOTANIQUE. — *Sur deux espèces de Fougères nouvelles pour la flore fossile des meulières de Beauce (Aquitanien).* Note de M. **P.-H. Fritel**, présentée par M. Costantin.

La flore fossile aquitanienne n'est représentée dans les meulières de Beauce que par un nombre très restreint d'espèces qui sont les suivantes : *Glyptostrobus Europœus* Heer, *Arundo anomala* (Brongn.) Heer, qui se confond avec *Arundo Göpperti* Heer, *Nymphœites Arethusœ* (Brongn.) Sterub., dont le fruit semble représenté par le *Carpolithes ovulum* Brongn., et un autre fruit d'attribution restée jusqu'à présent douteuse, désignée tout d'abord par Al. Brongniart sous le nom de *Carpolithes thalictroides parisiensis*, et que Schimper rapporta plus tard au *Carpites Websteri* (Brongn.) Heer. Toutes ces espèces sont signalées depuis plus d'un siècle déjà par Cuvier et Brongniart dans leur Description géognostique des environs de Paris; je ne vois à y ajouter que l'*Anœctemeria Renaulti* de De Saporta ([1]) qui n'a d'ail-

([1]) De Saporta, *Les Organismes problématiques des anciennes mers*, p. 21, fig. 2.

leurs jamais été décrit en détail et qui ne peut réellement être distingué du *N. Arethusæ* de Brongniart.

Il me semble donc intéressant de signaler ici la présence de deux plantes nouvelles pour cette florule et appartenant au groupe des Fougères. L'une peut être considérée comme représentant le *Lygodium Kaulfussi* Heer, ou une forme très voisine, l'autre de *Goniopteris stiriaca* (Ung.) Al. Braun (= *Gonioptoris-Nephrodium* de Schimper), espéces qui l'une et l'autre se rencontrent associées dans les dépôts aquitaniens du sud-est de la France et qui se retrouvent encore dans des couches du même âge en Suisse, en Allemagne et en Italie.

La première de ces deux espèces est représentée dans les meulières de Beauce par des fragments de pennes qui, par leurs dimensions et les détails de la nervation, ne se distinguent pas des figures données par Heer du *Lygodium Kaulfussi*. Elle est également comparable à une empreinte de Manosque (Basses-Alpes) que De Saporta avait étiquetée, dans sa collection, sous le nom resté inédit de *Lygodium amplus*, lequel peut être considéré comme simple variante de l'espèce de Heer.

La seconde espèce, rencontrée en compagnie de la précédente, est représentée par des portions très fragmentaires de pennes laissant voir néanmoins quelques pinnules bien conservées qui permettent d'apprécier avec plus de précision les caractères de cette espèce; par leur forme et les détails du réseau veineux, ces pinnules peuvent être comparées aux restes signalés par Heer sous le nom de *Goniopteris* (*Nephrodium*) *stiriaca* (Ung.) Al. Braun, et plus particulièrement à la variété de cette espèce ne comportant que 4-5 paires de nervures tertiaires (celles-ci au nombre de 6-9 dans la forme typique), que Heer avait distinguée spécifiquement sous le nom de *G. helvetica*, mais que Starkie Gardner réunit au *G. stiriaca*, à titre de simple synonyme.

Jusqu'à présent ces deux espèces semblent cantonnées dans les meulières recueillies à Vauboyen (entre Bièvres et Jouy-en-Josas, Seine-et-Oise) et n'ont pas encore été rencontrées dans les autres gisements de ce niveau tels que Buc, Palaiseau, Champlan et Longjumeau, tous situés à peu de distance du précédent.

OCÉANOGRAPHIE. — *Quelques gisements de coraux sur la côte occidentale du Maroc*. Note de M. GRUVEL.

Lorsqu'on étudie la côte du Maroc, entre Casablanca et Rabat, jusqu'à la limite du plateau continental qui s'étend jusqu'à environ 250^m de profondeur, on trouve une constitution particulière des fonds qui mérite de retenir l'attention.

Immédiatement après le sable ou les rochers de la plage, on rencontre par-ci, par-là quelques platiers rocheux. A partir de 80^m, commence une vase molle qui se poursuit sur une grande épaisseur jusqu'aux fonds d'environ 105^m. Cette vase est tellement fluide que, par les grandes tempêtes d'Ouest, elle se mélange à l'eau et trouble complètement toute la zone littorale.

A partir des fonds de 109^m jusqu'à 110^m, on trouve une bande de récifs coralligènes, exclusivement constitués par des buissons de *Dendrophyllia ramea*. Ces formations ne forment pas une ligne continue, mais sont, au contraire, disposées irrégulièrement sur une largeur d'environ 100^m. Les chalutiers qui traînent leurs engins trop près de cette bande coralliaire sont à peu près certains de les y laisser, accrochés aux touffes de Dendrophyllies; aussi est-il extrêmement important, pour l'avenir de la pêche au Maroc qui se pratique actuellement surtout dans cette région, de délimiter d'une façon aussi précise que possible cette bande de récifs dangereux qui se poursuit ainsi, irrégulièrement, jusqu'à la hauteur des roches de Bou-Znika (sud de Rabat).

Après cette zone de coraux, c'est-à dire par des fonds de 112^m environ, recommence la vase molle jusqu'à la limite du plateau continental.

D'autres masses de coraux, plus ou moins importantes, se rencontrent par des fonds variant de 80 à 100^m, en plusieurs autres points encore très mal délimités, par exemple au nord-ouest d'Azemmour, par des fonds de 80^m à 90^m; à l'ouest de Safi, sur le bord des platiers rocheux; puis, enfin, à l'ouest de Mogador et à la hauteur du Cap Sim.

Certains navigateurs, connaissant bien la côte marocaine, prétendent même que l'on trouve des récifs coralliens au large de toutes les saillies de la côte.

C'est là un point important qui sera vérifié d'ici peu.

Nous espérons ainsi pousser jusqu'au sud du Maroc la connaissance des fonds coralligènes indiqués dans un travail récent de M. Joubin.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Mesures magnétiques dans le Bassin de Paris.* Note de M. L. Éblé, présentée par M. Daniel Berthelot.

Cette nouvelle série de mesures magnétiques, effectuée en juin, juillet et septembre 1922, se rattache au Levé magnétique de France entrepris par la sixième section du Comité français de l'Union géodésique et géophysique internationale. Elle complète et étend notre première série (1) dans les départements de Seine-et-Oise, Seine-et-Marne, Oise, Eure-et-Loir, Loiret, où le réseau présente maintenant une densité suffisante. Sur les 40 stations étudiées, 10 sont des stations nouvelles, dont les noms figurent *en italique* dans le Tableau suivant, les 30 autres sont d'anciennes stations de Moureaux; toutes les valeurs des éléments magnétiques ont été réduites au 1er janvier 1922.

Valeurs des éléments magnétiques au 1er janvier 1922.

Numéros d'ordre.	Stations et départements.	D.	I.	H.	Situation magnétique.
1.	*Jouy-en-Josas* (Seine-et-Oise).	12°.25′,6	64°.37′,7	0,19690	calme
2.	Tacoignières (Seine-et-Oise)..	12.36,6	64.44,4	0,19660	un peu agitée
3.	Saint-Sauveur (Eure-et-Loir)..	12.27,4	64.28,0	0,19796	presque calme
4.	*Brézolles* (Eure-et-Loir)......	12.40,3	64.34,5	0,19717	un peu agitée
5.	Senonches (Eure-et-Loir).....	12.31,4	64.28,5	0,19789	presque calme
6.	La Loupe (Eure-et-Loir)......	12.41,1	64.27,3	0,19829	presque calme
7.	Nogent-le-Rotrou (Eure-et-L.).	12.46,9	64.22,6	0,19848	un peu agitée
8.	Courville (Eure-et-Loir)......	12.29,4	64.25,0	0,19857	calme
9.	*Magny-en-Vexin* (S.-et-Oise).	12.36,6	64.39,5	0,19518	un peu agitée
10.	Pontoise (Seine-et-Oise).	12.24,6	64.45,8	0,19721	presque calme
11.	*Brou* (Seine-et-Oise).........	12.32,8	64.12,2	0,19916	un peu agitée
12.	Châteaudun (Eure-et-Loir)...	12.22,5	64. 6,2	0,20011	presque calme
13.	*Bonneval* (Eure-et-Loir)......	12.21,6	64. 9,4	0,19966	calme
14.	Patay (Loiret)...............	12. 7,8	64. 3,1	0,20047	calme
15.	Orgères (Eure-et-Loir)........	12.10,6	64. 8,9	0,19977	calme
16.	Voves (Eure-et-Loir).........	12.14,0	64.14,0	0,19954	presque calme
17.	*La Ferté-St-Aubin* (Loiret)...	12. 0,8	63.48,2	0,20178	presque calme
18.	Cercottes (Loiret)............	11.58,6	63.59,9	0,20107	calme
19.	Beaugency (Loiret)..........	12.15,2	63.52,0	0,20130	calme
20.	Melun (Seine-et-Marne).......	12. 7,6	64.18,8	0,19864	presque calme

(1) L. Éblé, *Mesures magnétiques dans le Bassin de Paris* (*Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 494).

Numéros d'ordre.	Stations et départements.	D.	I.	H.	Situation magnétique.
		° ′	° ′		
21.	Fontainebleau (Seine-et-Marne).	12. 3,2	64.12,0	0,19932	presque calme
22.	Montereau (Seine-et-Marne)..	11.44,9	64. 9,9	0,19944	presque calme
23.	Nemours (Seine-et-Marne)....	12.12,8	64. 8,6	0,19974	presque calme
24.	Courtenay (Loiret)..........	11.47,0	63.53,3	0,20088	calme
25.	Montargis (Loiret)..........	12.10,7	63.59,3	0,20027	calme
26.	Châtillon-sur-Loire (Loiret)...	12.24,0	63 42,4	0,20306	un peu agitée
27.	Nogent-sur-Vernisson (Loiret).	12. 6,9	63.57,7	0,20107	calme
28.	Gien (Loiret)................	12.11,8	63.56,6	0,20200	calme
29.	Sully-sur-Loire (Loiret)......	11.34,6	63.58,5	0,20113	agitée
30.	Châteauneuf-sur-Loire (Loiret).	11.36,4	63.59,7	0,20106	agitée
31.	Bellegarde (Loiret)..........	12. 4,7	64. 2,7	0,20011	un peu agitée
32.	*Neuville-aux-Bois* (Loiret)...	11.47,2	64. 7,2	0,20097	presque calme
33.	*Crépy-en-Valois* (Oise)......	11.52,8	64.51,2	0,19748	presque calme
34.	Compiègne (Oise)...........	12. 0,0	65. 3,2	0,19453	presque calme
35.	*St-Just-en-Chaussée* (Oise)...	12.11,1	65.12,5	0,19396	presque calme
36.	*Clermont* (Oise)............	11.59,4	64.56,2	0,19564	presque calme
37.	Chantilly (Oise).............	12. 7,6	64.51,4	0,19549	presque calme
38.	Senlis (Oise)................	12. 4,6	64.49,1	0,19536	calme
39.	Chevreuse (Seine-et-Oise)....	12.33,2	64.34,9	0,19713	calme
40.	La Ferté-Alais (Seine-et-Oise).	12.16,0	64.20,3	0,19832	calme

Dans ce nouveau réseau du Bassin de Paris constitué par nos stations, tant de 1921 que de 1922, 58 points appartiennent déjà à celui qu'a établi Moureaux en 1896; il est permis d'en déduire les variations séculaires moyennes dans cette région entre 1899 et 1922, soient :

— 3°0′ pour la déclinaison;
— 0°33′ pour l'inclinaison;
+ 0,0015 pour la composante horizontale.

La Station magnétique du Val-Joyeux occupe à peu près le centre de cette région; on y a observé pour la même période les variations respectives : — 2°58′, — 0°32′ et + 0,0015. Cependant, les écarts entre ces valeurs moyennes et les variations réellement observées en chaque point ne semblent pas répartis d'une manière fortuite, ainsi que nous l'avions cru tout d'abord. Sans dépasser beaucoup les erreurs d'expérience possibles, ils se groupent géographiquement, mais d'une manière qui n'est pas tout à fait celle qu'on aurait pu attendre.

La variation séculaire de la déclinaison dépasse 3° au nord d'une ligne

allant de Mantes à La Ferté-sous-Jouarre, mais elle est également supérieure à cette valeur au sud d'une ligne sinueuse qui passe à peu près par Brou, Orgères, Étampes, le Val-Joyeux, Paris, Mormant, Montargis. Elle est surtout forte dans le sud-est du Loiret où elle dépasse 3°5′ aux trois stations voisines de Sully, Bellegarde et Nogent-sur-Vernisson.

Les variations de l'inclinaison semblent réparties plus uniformément, si l'on tient compte des erreurs probables. Elles restent inférieures à 30′ au nord de la ligne Magny-en-Vexin, Crépy, Provins; supérieures à 35′ au sud de la ligne Châteaudun, Toury, Montargis, Sully.

Pour la composante horizontale, la ligne d'égale variation de 0,0010 passe par Compiègne; celle de 0,0015 possède une forme irrégulière jalonnée par Bueil, Maintenon, Pithiviers, Montereau, La Ferté-Alais, Corbeil, Esternay; celle de 0,0020 va en ligne droite de Nogent-le-Rotrou à Châtillon-sur-Loire.

Mais ces irrégularités de variation sont peu de chose et le tracé des lignes isogones, isoclines et isodynamiques dans le Bassin de Paris conserve l'aspect bien connu fixé par Moureaux.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la prévision méthodique du temps.* Note de M. **R. de Montessus de Ballore**, présentée par M. Bigourdan.

Sous le titre *Essai de prévision méthodique du temps*, M. Louis Besson a publié en 1905 (1) diverses statistiques portant sur environ 1600 journées des mois de décembre, janvier et février, où il ne pleuvait pas à 9^h du matin.

Il note entre autres, Tableau A, le nombre de journées où le baromètre a marqué 725^{mm}, 730^{mm}, 735^{mm}, ..., 775^{mm} à 9^h, le nombre de ces journées où il a plu avant minuit et la probabilité p' de pluie; puis, Tableau B, le nombre de journées où le vent a été N, NNE, NE, etc. à 9^h, le nombre de ces journées où il a plu avant minuit, et la prob. p de pluie.

M. Besson dresse ensuite le Tableau C où, par exemple, les chiffres $\frac{2}{23}$ (ENE 770^{mm}) indiquent qu'il a relevé 23 journées où il ne pleuvait pas à 9^h, où le baromètre était à 770^{mm}, le vent soufflant ENE, et que sur ces 23 journées il en est 2 où il a plu avant minuit; probabilité de pluie $P = 2 : 23 = 0,09$.

(1) *Annales de l'Observatoire municipal*, Paris, Gauthier-Villars, 1905.

Tableau A.

Pression en mm.	Nombre de cas de pluie.	Nombre de cas total.	Prob. p' de pluie.
725...	1	1	1
730...	7	11	0,64
735...	18	21	0,86
740...	44	60	0,73
745...	88	121	0,73
750...	119	197	0,60
755...	153	293	0,52
760...	138	325	0,42
765...	89	299	0,30
770...	36	188	0,19
775...	6	26	0,23
780...	0	4	0

Tableau B.

Direction du vent.	Nombre de cas de pluie.	Nombre de cas total.	Prob. p de pluie.
N......	13	55	0,24
NNE...	25	75	0,33
NE....	24	96	0,25
ENE...	12	79	0,15
E.....	17	69	0,25
ESE...	19	56	0,34
SE.....	32	86	0,37
SSE....	46	115	0,40
S......	84	146	0,58
SSW...	89	131	0,68
SW....	110	148	0,74
WSW..	66	88	0,75
W.....	57	104	0,55
WNW..	34	96	0,46
NW....	26	65	0,40
NNW..	11	37	0,30
Calme..	24	100	0,24

Tableau C.

	N.	NNE.	NE.	ENE.	E.	ESE.	SE.	SSE.	S.	SSW.	SW.	WSW.	W.	WNW.	NW.	NNW.
775 mm et au-dessus	.	.	1	.	1	.	2	.	.	.	.	.	1	1	.	.
	2	4	6	.	2	1	3	1	.	.	1	.	3	4	.	.
770	0	3	5	2	2	0	2	3	1	5	2	3	0	4	1	1
	3	12	19	23	18	4	11	8	10	14	8	3	6	11	11	7
765	1	5	1	.	.	.	4	5	13	8	9	8	9	10	5	2
	11	18	19	16	10	6	16	25	29	17	17	14	24	19	17	5
760	.	5	6	4	1	7	7	8	13	24	13	13	12	11	7	1
	13	14	20	17	13	15	23	24	28	30	20	19	21	26	11	7
755	4	6	7	3	3	2	4	9	23	16	31	15	15	8	8	1
	7	16	20	13	10	12	15	20	35	23	40	19	23	18	3	7
750	5	4	2	1	3	5	5	11	17	11	25	7	5	8	3	5
	11	9	7	7	9	12	8	18	23	13	27	10	10	13	7	7
745	1	2	2	1	5	2	6	7	9	15	11	10	8	1	4	1
	4	2	3	1	5	3	8	12	13	19	13	12	10	3	8	2
740	2	.	.	1	1	2	2	1	6	8	9	6	3	1	2	.
	4	.	2	2	2	2	2	4	6	10	9	7	3	2	2	1
735 et au-dessous	.	.	.	.	.	1	.	2	2	5	6	5	4	.	1	.
	.	.	.	.	.	1	.	3	2	8	9	5	4	.	1	.

Je désignerai plus loin les trois grandes cases supérieures du Tableau par A, B, C et les trois cases inférieures par D, E, F.

Le but de cette Note est de montrer que les probabilités P *du Tableau C sont ce que j'ai appelé des* PROBABILITÉS RENFORCÉES [1], ou peu s'en faut, comme on le voit en calculant la probabilité renforcée pour tous les cas du Tableau C où il y a au moins 18 journées (nombre minimum raisonnable), sauf NE-770, WNW-765 où il y a sans doute erreurs d'observation.

La différence entre la probabilité renforcée et la probabilité d'expérience varie de 0 à 0,12.

La moyenne des différences

$$\text{probabilité d'expérience} - \text{probabilité renforcée} - = 0,03 = \delta.$$

On ne peut décider sur des statistiques aussi restreintes si cette différence est effective ou nulle. Si l'on tient compte de l' « erreur probable », on peut peut-être la regarder comme nulle.

On peut faire des *groupements* tels que ceux définis par les lignes horizontale et verticales du Tableau C, pour essayer une étude plus serrée de cette différence 0,03, mais sans succès.

En effet, pour les groupements A à F, on trouve, chacun peut faire le calcul :

	A.	B.	C.	D.	E.	F.
Nombre de cas de pluie...	114	234	55	74	172	26
Nombre total de cas......	490	404	152	141	213	46

Pour A et C réunis,

$$\text{prob. exp.} = \frac{114+55}{490+152} = 0,263;$$

$$p \text{ (c'est-à-dire si la pression} \geqq 755) = \frac{114+234+55}{490+404+152} = 0,385;$$

$$p' \text{ (vent N à SSE et WNW à NNW)} = \frac{114+74+55+26}{490+141+152+46} = 0,324;$$

---

[1] « Soient p et p' les probabilités dues à deux symptômes S, S' se présentant ou considérés séparément ; quand S et S' se présentent *ensemble*, 1° si S et S' sont des conséquences d'un *même* phénomène, la probabilité *renforcée* est

$$P = \frac{pp'}{pp' + (1-p)(1-p')};$$

2° si S et S' sont des conséquences de deux phénomènes *différents*, la probabilité *résultante* est

$$P' = p + p' - pp'. \text{ »}$$

(*Annales Soc. scientifique de Bruxelles*, janvier 1923.)

et le *calcul* donne, en partant de p et p',

prob. renf. = 0,231 ($\delta = 0,032$); prob. rés. = 0,584.

Pour D,

prob. exp. = 0,525; prob. renf. = 0,513 ($\delta = 0,012$).

Pour E,

prob. exp. = 0,807; prob. renf. = 0,803 ($\delta = 0,004$).

Si $\delta = 0$: dans la limite des observations de M. Besson, *la pression barométrique et la direction du vent sont deux conséquences d'un même phénomène*.

Si $\delta \neq 0$: la petitesse de cette différence conduit à dire que *la pression et la direction du vent sont deux conséquences de deux phénomènes, dont l'un très prépondérant*.

M. Besson donne des Tableaux, concernant la vitesse du vent, la variation barométrique, etc.; mais les Tableaux doubles correspondants sont entachés de réductions qui permettent seulement de supposer que la probabilité renforcée leur est applicable.

Indépendamment de théories générales sur les phénomènes atmosphériques, la probabilité renforcée, ou la probabilité résultante, ou une combinaison de l'une et l'autre, peut conduire à une intéressante méthode de prévision locale du temps par accumulations successives de probabilités simples p, p', p'', ..., suppléant à des nombres trop faibles d'observations à deux ou trois éléments.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la variation de température nocturne par ciel serein.* Note [1] de M. J. RIVIÈRE.

Par vent calme et ciel serein, le refroidissement des couches basses nous paraît être dû à la perte de chaleur par rayonnement vers le zénith, et par conduction et rayonnement vers le sol.

La perte de chaleur par rayonnement est due, d'après M. Boutaric [2], à la différence de rayonnement des couches basses vers le zénith et des couches supérieures vers les couches basses. En admettant avec lui que la tension de vapeur d'eau et la température varient avec l'altitude Z suivant

[1] Séance du 16 mai 1923.

[2] A. BOUTARIC, *Contribution à l'étude du pouvoir absorbant de l'atmosphère terrestre* (*Ann. de Phys.*, 9e série, t. 9 et 10).

les fonctions

$$f = f_0 e^{-Kz}, \qquad K = 0,87 \times 10^{-6} f_0^{\frac{7}{9}},$$
$$\theta = \theta_0 e^{-\frac{1}{3,5}kz}, \qquad k = 1,25 \times 10^{-6},$$

que le rayonnement obéit à la loi de Stefan, et que les pouvoirs émissif et absorbant de l'air soient $af = 1,75 \times 10^{-6} f$, le rayonnement des couches supérieures est égal à

$$q = \pi\sigma\theta_0^4 \frac{af_0}{af_0 + \frac{4}{3,5}k + K}$$

et la chaleur absorbée par 1^{cm^3} d'air

$$q_1 = \pi\sigma\theta_0^4 \frac{a^2 f_0^2}{af_0 + \frac{4}{3,5}k + K}.$$

La chaleur émise est

$$q_2 = af_0\pi\sigma\theta_0^4.$$

La chaleur vraie perdue par rayonnement est alors

$$r_1 = q_2 - q_1 = af_0\pi\sigma\theta_0^4 \frac{\frac{4}{3,5}k + K}{af_3 + \frac{4}{3,5}k + K}.$$

Nous supposerons que la chaleur perdue par conduction et rayonnement vers le sol est proportionnelle à θ_0^4 et à la différence de température $\theta - T$ entre l'air et le sol, et que

$$\frac{d(\theta - T)}{dt} = -\mu(\theta - T).$$

Cette relation nous donne $\theta - T$ et nous avons comme chaleur perdue

$$r_2 = \rho\theta_0^4 e^{-\mu t}.$$

La chaleur perdue est proportionnelle à la vitesse de refroidissement et si C est la chaleur spécifique de l'air et δ le poids de 1^{cm^3}, on a

$$r = -C\delta\frac{d\theta}{dt} = \left(0,2375 + 0,1514\frac{f}{h}\right)\left(1,293 \times \frac{273}{\theta} \times \frac{h}{760} \times 10^{-3}\right)\frac{d\theta}{dt}.$$

Nous obtenons l'équation différentielle

$$-C\delta\frac{d\theta}{dt} = \theta_0^4\left[af_0\pi\sigma\theta_0^4 \frac{\frac{4}{3,5}k + K}{af_0 + \frac{4}{3,5}k + K} + \rho e^{\mu t}\right].$$

En intégrant et tenant compte des conditions initiales et des valeurs des constantes, nous avons la variation de la température en fonction du temps t exprimé en minutes,

$$\frac{1}{\theta^4} = \frac{1}{\theta_0^4} + \frac{10^4}{1,161\,C h}\left[a f_0 \pi\sigma \frac{\frac{4}{3,5}k + K}{a f_0 + \frac{4}{3,5}k + K}\, t + \frac{\rho}{\mu}(1 - e^{-\mu t}) \right];$$

θ_0 est la température initiale et θ la température au sol au temps t. Nous supposons f constant pendant la nuit, dans le cas où la vapeur n'est pas saturante, sinon nous avons la modification suivante :

Soit m la chaleur de vaporisation de l'eau, la chaleur dégagée pour une diminution de température $d\theta$ sera

$$dQ = C\,d\theta + m\,dq,$$

$$q = 0,623\frac{f}{h},$$

$$dq = \frac{df}{f} - \frac{dh}{h}.$$

$\frac{dh}{h}$ étant négligeable, on a approximativement

$$dq = q\frac{df}{f},$$

$$\frac{dQ}{d\theta} = C + mq\frac{1}{f}\frac{df}{d\theta}.$$

Il suffira de remplacer C dans l'équation finale par la nouvelle valeur $\frac{dQ}{d\theta}$ à condition de prendre des intervalles de temps assez courts pour que $f.m.d$ et $\frac{1}{f}\frac{df}{d\theta}$ soient à peu près constants.

Étant donnée l'impossibilité d'avoir $\theta - T$ à 18^h, nous avons déterminé ρ à l'aide de l'équation différentielle en calculant graphiquement $\frac{\Delta\theta}{\Delta t}$ en traçant la tangente à la courbe observée à 18^h et faisant $t = 0$: μ a été calculé par la même méthode en menant une tangente à la courbe à 22^h ou pour $t = 24°$.

En étudiant les courbes de températures nocturnes observées à Meknès et Marrakech, nous avons trouvé une relation entre ρ et μ :

$$\frac{\rho}{\mu} = \frac{10^{-13}}{0,165 + 0,02 f_0} \qquad \text{(Marrakech)},$$

$$\frac{\rho}{\mu} = \frac{10^{-13}}{0,04 f_0} \qquad \text{(Meknès)}.$$

Pour établir la courbe de température nocturne, il suffit de déterminer à 18h : $f_0 - \theta$ et ρ par la méthode graphique. Voici quelques résultats obtenus :

Station.	Date. — 1922.	Température centigrade à 18h.	f_0.	$\rho.10^{15}$.	Température minima obs.	Température minima calc.
Marrakech	7 mars	21°,5	3,6	1	9°,4	9°,4
»	29 août	27	10	0,8	13,7	13,1
»	6 nov.	23,5	8,4	1,3	10,1	10,6
Meknès	4 juillet	27	12,4	1,6	13,8	13,8
»	6 juillet	27	11,3	1,5	14	13,8
»	29 mars	26	13,8	0,65	12,8	12,5

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur l'opacité acoustique des mers de nuages : application à la détermination rapide de l'épaisseur d'une couche nuageuse.* Note de M. **G. Reboul**, présentée par M. R. Bourgeois.

Les expériences de Tyndall (1) ont montré que des couches nuageuses, ou même simplement des masses d'air hétérogènes, diminuent fortement l'intensité des sons qui les traversent.

Plusieurs observations de guerre mettent en évidence l'opacité acoustique des mers de nuages :

1° Quand un observateur au sol est placé de manière qu'il y ait une couche nuageuse entre lui et le point où se produit l'éclatement d'un obus tiré par une pièce d'artillerie anti-aérienne, le son qu'il perçoit est plus faible qu'en l'absence de nuages.

2° Quand un observateur en ballon se trouve placé au-dessus d'une couche nuageuse, la canonnade au sol lui paraît beaucoup plus faible que si le nuage n'existait pas.

D'autres expériences montrent également que l'intensité du son perçu est beaucoup plus faible quand il y a une couche nuageuse entre l'observateur et la source sonore. En décembre 1917 le G. Q. G. ayant demandé le moyen de déterminer rapidement et à 500m près, l'épaisseur d'une couche nuageuse supposée uniforme, j'ai proposé puis expérimenté le procédé suivant : on tire une série d'obus dont le débouchage est tel que les éclatements sont échelonnés en des points d'altitude progressivement croissante; des postes

(1) Tyndall, *Nature, Journal of Science*, 1874, p. 251 et 267.

d'écoute notent l'intensité du son perçu au sol. A partir du moment où l'éclatement se produit au delà de la couche nuageuse, l'intensité du son perçu est plus faible : il se produit donc une brusque discontinuité dans les intensités des sons successifs que l'oreille perçoit. L'altitude correspondant à cette discontinuité permet de reconnaître la hauteur de la face supérieure du nuage; un sondage ordinaire, par ballon-pilote, donne la hauteur de la face inférieure, l'épaisseur de la couche nuageuse s'en déduit facilement.

Les expériences ont été faites au plateau de Malzéville (près Nancy) : trois postes d'écoute étaient répartis sur le plateau, l'un (poste 1) dans le voisinage de la pièce qui doit tirer, les deux autres (postes 2 et 3) à environ 600^m du poste 1. L'intensité du son est appréciée à l'oreille.

Les obus tirés sont des obus dits à explosif. Le tir a été effectué de deux manières :

1° Les obus sont débouchés pour une même distance, l'angle de tir est choisi de manière que l'altitude varie d'environ 500^m d'un coup à l'autre; les éclatements sont donc répartis sur une circonférence ayant son centre au poste 1.

2° L'angle de tir et la distance de débouchage sont choisis de manière que les éclatements aient lieu sur une même verticale et à des altitudes croissant de 500^m d'un coup à l'autre.

Voici, à titre d'exemple, les résultats de l'une des expériences; elle a été faite le 10 janvier 1918 de $10^h 33^m$ à $10^h 45^m$:

1. *Tir effectué de la première manière.*

Obus.	Angle de tir.	Débouchage.	Altitude.	Son perçu. Poste 1.	Poste 2.	Poste 3.
1......	15°	3000^m	500^m	Fort	Fort	Fort
2......	25	3000	1000	Fort	Fort	Fort
3......	36	3000	1500	Fort et sourd	Sourd	Plus faible
4......	47	3000	2000	Faible	Faible	Faible
5......	61	3000	2500	Faible	Faible	Faible
6......	85	3000	2900	Faible	Faible	Faible

Il y a nettement discontinuité dans l'intensité du son perçu pour les altitudes comprises entre 1500 et 2000^m.

2. *Tir effectué de la deuxième manière.*

Obus.	Angle de tir.	Débouchage.	Altitude.	Son perçu. Poste 1.	Poste 2.	Poste 3.
	°	m	m			
1......	20	1750	500	Fort	Fort	Fort
2......	36	1900	1000	Fort	Fort	Fort
3......	47	2250	1500	Plus sourd	Fort et sourd	Plus faible
4......	55	2600	2000	Faible	Faible	Faible
5......	62	3000	2500	Faible	Faible	Faible
6......	66	3400	2900	Faible	Faible	Faible

Il y a encore discontinuité entre 1500 et 2000^m.

La face supérieure du nuage est donc comprise entre 1500 et 2000^m.

Le ciel était couvert ce jour-là d'un stratus uniforme, il neigeait par intermittence et le sondage par ballon-pilote donnait une hauteur de 300^m pour la face inférieure de la couche nuageuse; l'épaisseur du nuage se trouvait comprise entre 1200 et 1700^m.

Le rapprochement des points d'éclatement successifs permet aisément d'avoir une approximation plus grande pour l'épaisseur de la couche nuageuse.

BOTANIQUE. — *Le matériel nucléolaire pendant la télophase de la cinèse somatique dans le nucelle chez* Fritillaria imperialis *L.* Note de M. **Maurice Lenoir**, présentée par M. M. Molliard.

L'étude des phénomènes de la télophase dans les plantes est gênée par le *tassement polaire* des chromosomes qui en fait une masse chromatique d'aspect homogène au premier abord.

Or le tassement télophasique est la phase initiale de la reconstitution du noyau. Il renferme la solution de la question de la formation des nucléoles dont l'origine a suscité tant d'affirmations contradictoires dans le passé. A tel point que pour nombre de cytologistes de la présente génération, la naissance du nucléole, son rôle pendant la cinèse sont devenus *l'énigme de la cytologie*. Cette énigme, je tenterai de la résoudre par l'étude de plantes diverses parmi lesquelles *Fritillaria imperialis* L. qui fait l'objet de la présente Note.

1° *Anaphase.* — Au moment où les deux groupes de chromosomes sont arrivés aux pôles du fuseau achromatique (24 à chaque pôle) et avant tout

tassement, ils sont formés d'un axe volumineux de nucléoline revêtu d'une pellicule nette de chromatine réticulaire.

2° *Télophase*. — Pour faciliter l'exposition je partagerai la télophase en trois périodes :

A. *La protélophase;*

B. *L'eutélophase;*

C. *La métatélophase.*

A. *Protélophase*. — C'est la période pendant laquelle a lieu le tassement polaire actif. Les chromosomes réunis aux pôles à la fin de l'anaphase se raccourcissent et se renflent. Le renflement n'a pas lieu de façon égale suivant toute la longueur d'un chromosome pris à part.

Il commence à se produire à la partie polaire du chromosome alors que la partie encore libre tournée vers l'équateur conserve son diamètre anaphasique. Le raccourcissement continue pendant que le renflement gagne en étendue et finit par intéresser le chromosome entier. Pendant le renflement un autre fait se produit : les chromosomes devenus des vésicules plus ou moins allongées, pourvues d'étranglements successifs réguliers qui leur donnent un aspect moniliforme, se pelotonnent sur eux-mêmes, s'enchevêtrent autant que le permettent leur brièveté et leur gonflement.

En dehors de ces transformations morphologiques, et simultanément, d'autres faits, ceux-là d'ordre biochimique, se produisent dans chacun des chromosomes. Nous venons de voir pendant l'anaphase qu'un chromosome est formé de chromatine nucléolaire interne enveloppée d'une gaine de chromatine réticulaire. La pellicule mince, mais cependant perceptible pendant les phases précédentes, s'atténue et devient très peu visible au moment où le noyau arrive à la période eutélophasique, la nucléoline par contre semble prendre plus d'importance. Cette modification se propage dans le chromosome de son extrémité polaire vers l'autre extrémité et accompagne étroitement le processus du renflement.

B. *Eutélophase*. — Au moment où la télophase est arrivée à son apogée on a un noyau essentiellement formé d'une masse de chromosomes transformés en vésicules enchevêtrées, tassées, d'aspect moniliforme, ce qu'on peut constater nettement sur des noyaux sectionnés en plusieurs tranches par le rasoir. Une vue polaire montre ces noyaux sous une forme voisine de celle d'une mûre. En outre la réticuline réapparaît peu à peu, particulièment à la surface de l'ensemble.

C. *Métatélophase*. — C'est la période inverse de la protélophase; elle

présente un intérêt considérable puisqu'elle est l'origine de la structure du noyau nouveau. Dans la protélophase on voit un tassement des chromosomes les uns contre les autres; dans la métatélophase on assiste au contraire à un relâchement général. L'aspect moniliforme des chromosomes s'accentue beaucoup; ils sont formés de grosses ponctuations, qui, après avoir été en contact très rapproché s'espacent peu à peu, ne se trouvant plus reliés que par des tractus chromatiques dont la visibilité très nette au commencement du processus s'atténue peu à peu jusqu'à devenir presque nulle dans certains noyaux en état d'interphase.

La période que j'ai distinguée sous le nom d'eutélophasique nous a montré l'établissement de la prédominance incontestée de la chromatine nucléolaire sur la chromatine réticulaire; pendant la métatélophase nous constatons le phénomène inverse amorcé pendant l'eutélophase. Alors que s'individualisent les séries de grosses ponctuations plus ou moins régulières représentant les chromosomes en état de relâchement, graduellement, la chromatine réticulaire s'accentue dans la périphérie de la plupart des ponctuations, gagnant vers leur centre; celles-ci reprennent ainsi progressivement la teinte typique du repos.

Certaines ponctuations dont le volume est variable conservent leur teinte nucléolaire et s'isolent peu à peu, de la même manière que les autres ponctuations; elles constituent les nouveaux nucléoles qui ne sont, par conséquent, pas autre chose que des portions différenciées par leur coloration spéciale du reste du système chromatique.

Il est à remarquer que l'envahissement de la réticuline *dans l'ensemble du système chromosomique* se fait ici, en règle générale, de la périphérie vers l'intérieur du noyau.

Lorsque la dispersion chromatique est achevée, le stade interphasique est réalisé. Cette dispersion est suivie de la vacuolisation des seules ponctuations formées de chromatine réticulaire.

3° *Interphase.* — En général, l'interphase présente, par conséquent, des amas chromatiques vacuolisés, répandus dans tout le noyau et réunis entre eux par des trabécules de même nature. De place en place on voit des nucléoles enchevêtrés dans les mailles où ils sont ordinairement rattachés au reste du système chromatique dont, chez la Fritillaire, il ne faut pas douter qu'ils font partie.

Conclusions. — Dans le nucelle du *Fritillaria imperialis* L. :

1° Les chromosomes anaphasiques sont composés de deux matières juxtaposées : la nucléoline interne et la réticuline externe;

2° La première tend à se substituer plus ou moins complètement à la seconde pendant l'eutélophase;

3° La métatélophase ramène la prédominance de la réticuline sur la nucléoline. La première forme le réseau chromatique nucléaire et la plupart de ses amas chromatiques; la seconde forme seulement la matière fondamentale de quelques grosses ponctuations reconstituant ainsi les nucléoles de l'interphase.

Nota. — J'ai défini les termes : Chromatine réticulaire ou réticuline; chromatine nucléolaire ou nucléoline et enfin chromatine dans une Note parue aux *Comptes rendus des séances de la Société de Biologie*, t. **88**, 21 mars 1923, p. 771.

PHYSIOLOGIE. — *Les vibrations nerveuses motrices dans la série animale.* Note de M. **J. Athanasiu**, présentée par M. Charles Richet.

Nos recherches antérieures (¹) sur les courants d'action des muscles et du système nerveux cérébro-spinal, nous ont permis d'établir que l'énergie nerveuse motrice est de nature vibratoire et présente de 300 à 500 oscillations par seconde chez l'homme, le chien, le cobaye et la grenouille.

Au laboratoire de l'institut Marey, nous avons continué ces recherches sur des espèces dont les muscles présentent des mouvements de rapidité très variable (pigeon, coq, tortue, carpe, écrevisse, escargot et sangsue).

Comme électrodes impolarisables nous avons employé de minces fils d'or ($0^{mm},4$) piqués dans les muscles à explorer. Des dispositifs, variant avec l'espèce animale étudiée permettent de provoquer des mouvements volontaires assez normaux (marche, vol, natation). Quand l'animal est à respiration exclusivement aquatique, la région à explorer (queue du poisson, pince de l'écrevisse) est tenue hors de l'eau.

Nous avons réuni, dans le Tableau suivant, les chiffres moyens des oscillations électroneuromotrices et électromusculaires, que présentent les électromyogrammes volontaires de ces différentes espèces.

Comme il fallait s'y attendre, les nombres respectifs de ces deux sortes d'oscillations varient entre des limites assez étendues. Ainsi nous trouvons la plus haute fréquence (700 par seconde) d'oscillations électroneuromotrices sur l'électromyogramme du gastrocnémien des oiseaux (coq et

[1] *Comptes rendus*, t. **175**, 1922, p. 55, 114 et 181.

pigeon) et la plus basse (12-15) sur l'électromyogramme du muscle du pied chez l'escargot.

Sujet.	Muscle.	Oscillations électro-neuromotrices.	Oscillations électro-musculaires.	Rapport des $\frac{\text{oscill. électroneuromotr.}}{\text{oscill. électromusculaires}}$.
Homme	Fléchis. des doigts	432	113	$\frac{432}{113} = 3,82$
Chien	Triceps fémoral	461	120	$\frac{461}{120} = 3,89$
Cobaye	Triceps fémoral	432	130	$\frac{432}{130} = 3,33$
Coq	Gastrocnémien	493	101	$\frac{493}{101} = 4,75$
Coq	Pectoral	408	93	$\frac{408}{93} = 4,4$
Pigeon	Gastrocnémien	559	148	$\frac{559}{148} = 3,8$
Pigeon	Pectoral	467	118	$\frac{467}{118} = 4$
Tortue	Triceps fémoral	227	67	$\frac{227}{67} = 3,4$
Grenouille	Triceps fémoral	475	117	$\frac{475}{117} = 4$
Carpe	Queue	207	53	$\frac{207}{53} = 4$
Ecrevisse	Pince	50	13	$\frac{50}{13} = 3,8$
Escargot	Pied	13	4	$\frac{13}{4} = 3,1$
Sangsue	Longit. et circ.	30	6.3	$\frac{30}{6.3} = 4,7$

Les oscillations électromusculaires suivent une marche parallèle.

Quelles que soient les valeurs absolues de ces fréquences sur ces diverses espèces, il est un élément qui semble rester à peu près constant sur toutes, c'est le rapport du nombre d'oscillations électroneuromotrices au nombre d'oscillations électromusculaires. Il oscille autour du chiffre 4, avec un minimum de 3,1 chez l'escargot et un maximum de 4,75 chez le coq (muscle gastrocnémien).

Pour interpréter ce fait et en comprendre la signification rappelons les résultats acquis dans nos recherches antérieures, à savoir que les oscillations électromusculaires (grande et moyenne amplitude) que l'on trouve sur

tout électromyogramme volontaire, représentent les courants d'action des secousses élémentaires (¹) qui constituent la contraction musculaire volontaire et sont par conséquent l'expression fidèle de ces secousses, et que les oscillations électroneuromotrices (uniformes et de petite amplitude) représentent les courants d'action qui accompagnent l'énergie nerveuse motrice et sont par conséquent l'expression de cette énergie.

Cela étant admis, le rapport numérique qui relie ces deux ordres d'oscillations est l'expression exacte du nombre d'excitations nerveuses rapporté au nombre des secousses musculaires qui en sont la réponse (¹). Les muscles de la vie de relation reçoivent donc en moyenne chez toutes les espèces animales un nombre d'excitations nerveuses sensiblement quatre fois supérieur à celui de secousses élémentaires que ces muscles peuvent donner dans l'unité de temps.

Il semble par conséquent que pour assurer l'exécution des mouvements le système nerveux envoie aux muscles un nombre d'excitations supérieur à celui qui est strictement nécessaire.

Le système neuromusculaire de la vie de relation obéirait ainsi à ce principe de physiologie générale établi par Ch. Richet pour les échanges nutritifs : « *Pour avoir assez il faut avoir trop.* »

PHYSIOLOGIE. — *Action de la lumière sur la croissance.*
Note (²) de MM. **E. Wollman** et **M. Vagliano**, présentée par M. Roux.

Les recherches récentes sur le rachitisme ont mis en évidence deux facteurs qui exercent une action en quelque sorte spécifique sur le métabolisme calcaire. Le premier est une substance, de nature chimique indéterminée, voisine du facteur A de croissance, mais s'en distinguant nettement par certains caractères. Le second facteur est constitué par la lumière, tout particulièrement par la région ultraviolette du spectre.

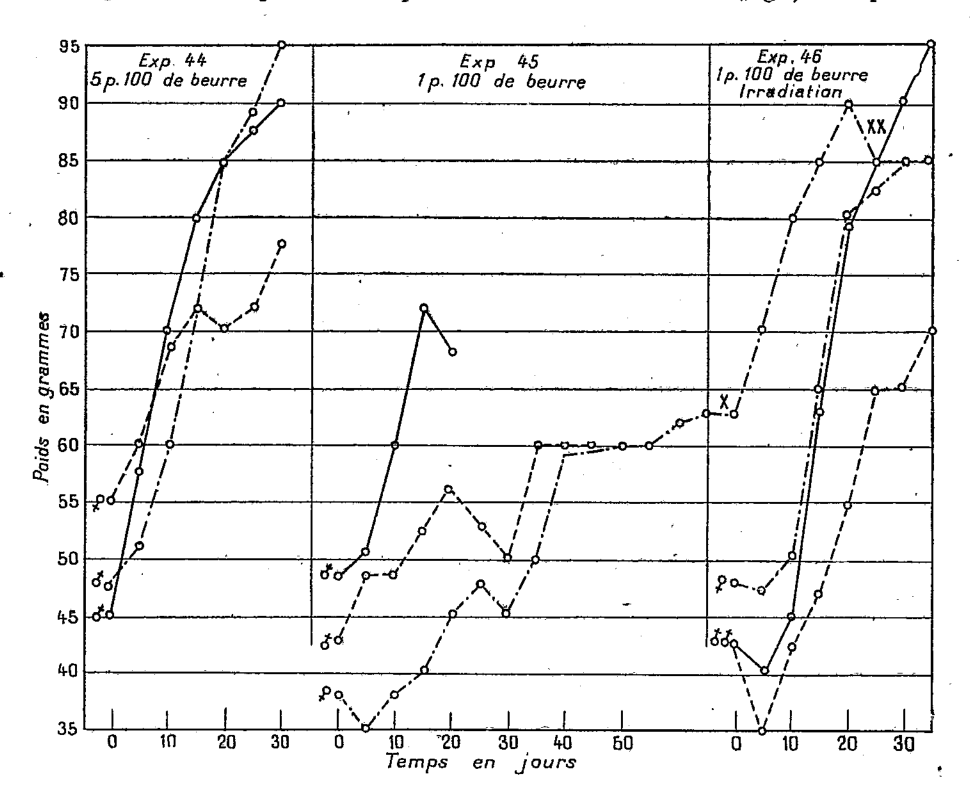
Devant les similitudes que présentent le facteur antirachitique et le facteur liposoluble de croissance, nous nous sommes demandés s'il ne serait pas possible, dans la croissance également, de mettre en évidence une action favorisante de la lumière.

(¹) Bien entendu, cette expression *secousse musculaire* n'indique pas les secousses mécaniques élémentaires du muscle, mais les secousses moléculaires se traduisant par des variations électriques.

(²) Séance du 28 mai 1923.

A cet effet des rats blancs furent mis à un régime synthétique composé de caséine purifiée, de riz glacé et de sels, le tout additionné de 2 pour 100 environ d'extrait de levure (facteur B de croissance); suivant les cas le régime était complété par de l'huile d'olives dépourvue de facteur A ou par du beurre riche en celui-ci.

Une première expérience a porté sur 3 lots de 3 rats (*fig.*). Le premier



lot (Exp. 44) reçoit, mélangé à la nourriture, 5 pour 100 de beurre; le deuxième et le troisième n'en reçoivent que 1 pour 100. Les rats sont placés dans des bocaux entourés de papier noir et ceux du troisième lot sont soumis tous les jours, pendant 3 à 5 minutes, à l'irradiation par une lampe en quartz à vapeur de mercure. Les courbes montrent avec netteté que la croissance des rats ne recevant que 1 pour 100 de beurre et soumis à l'action de la lumière (Exp. 46) a été au moins aussi rapide que celle des rats recevant 5 pour 100 de beurre, mais gardés à l'obscurité. La croissance des rats du deuxième lot (Exp. 45) est notablement plus lente. Un de ces rats est soumis à l'irradiation après 60 jours de régime (en X) : la courbe de crois-

sance se relève aussitôt pour se rapprocher de la normale. L'irradiation est suspendue en XX.

Les résultats ont été encore plus marqués dans une deuxième expérience. Deux lots de rats ont été soumis au régime ci-dessus, additionné de 1 pour 100 de beurre. Les rats furent placés dans un cabinet noir et ceux du premier lot exposés tous les jours pendant 3 à 5 minutes à la lumière de la lampe à mercure.

Le poids de ces rats est passé en 30 jours de 35g, 37g et 32g (moyenne 34g,6) à 95g, 108g et 93g (moyenne 98g,6). Le poids des rats non irradiés est passé, dans le même intervalle de temps, de 35g (2 rats) à 72g et 75g (moyenne 73g,5).

Lorsque le régime ne contient pas de beurre l'irradiation par la lampe à mercure ne produit aucun effet ; un des rats ainsi traités a même présenté de la xérophtalmie. La lumière ne semble donc pas pouvoir compenser l'absence du facteur liposoluble de croissance. Elle exerce une action des plus nettes lorsque ce facteur est présent en quantité insuffisante pour assurer la croissance normale.

PHYSIOLOGIE. — *Sur quelques facteurs ostéodystrophiques et leur action suivant les espèces animales.* Note de MM. **Georges Mouriquand** et **Paul Michel**, présentée par M. Fernand Widal.

Nous avons signalé précédemment qu'il était facile de déterminer che le cobaye des troubles graves de la nutrition osseuse généralement caractérisés par la fragilité des os, des hémorragies périarticulaires et musculaires, reproduisant le syndrome scorbutique ou s'en rapprochant. Ce syndrome ostéohémorragique peut être obtenu, soit par la carence de l'alimentation en vitamine C (antiscorbutique), soit par de fortes doses d'huile de foie de morue, associées à un régime déficient, soit enfin et surtout par l'adjonction à un régime quelconque de fortes doses d'extrait thyroïdien.

Si par les mêmes méthodes nous cherchons à obtenir des troubles sévères de la nutrition osseuse du rat, nous observons les faits suivants :

1° Comme Mac Collum et divers auteurs américains l'ont montré, il est impossible de déterminer chez le rat un syndrome scorbutique par une alimentation privée de vitamines C; nos recherches personnelles confirment les résultats de ces auteurs. En mettant parallèlement des cobayes et des rats à des grains d'orge moulus (pourvus de leur cuticule), nous avons obtenu, au bout de 20 jours environ, le syndrome scorbutique aigu, décrit,

dès 1907, par Holst et Frölich. Les rats à ce même régime n'ont présenté au bout de 120 jours aucun trouble de la nutrition générale ni osseuse et leur autopsie n'a révélé aucun syndrome ostéohémorragique, comparable à celui observé chez le cobaye. Il existe donc entre ces deux animaux une différence essentielle dans la manière dont se comporte leur nutrition osseuse vis-à-vis de l'avitaminose C. La cause de cette différence reste inconnue.

2° Si au régime insuffisant que représente la consommation exclusive de grains d'orge, on ajoute de fortes doses d'huile de fois de morue, on ne détermine à aucun moment chez le rat, le syndrome ostéohémorragique facilement obtenu chez le cobaye. On sait d'ailleurs que l'huile de foie de morue ajoutée au régime rachitigène du rat préserve celui-ci de toute liaison osseuse. Nos expériences nous permettent d'ajouter que de fortes doses n'entravent en rien la nutrition osseuse du rat.

3° En raison du pouvoir ostéodystrophique considérable (chez le cobaye) des fortes doses d'extrait thyroïdien qui précipite l'apparition des phénomènes scorbutiques, on pourrait se demander si en ajoutant au régime scorbutigène (grains d'orge) des doses importantes de cet extrait on ne pourrait pas obtenir chez le rat un syndrome ostéohémorragique comparable à celui du cobaye. Toutes nos expériences dans ce sens ont abouti à des résultats négatifs. Des rats blancs adultes mis au régime d'orge plus 5^{cg} d'extrait thyroïdien ont pour la plupart présenté une remarquable résistance à cette intoxication, alors que les cobayes soumis aux mêmes doses meurent du 6e au 20e jour. Les rats blancs sont morts généralement après une faible chute de poids, entre le 38e et le 99e jour (1). A l'autopsie chez aucun d'eux nous n'avons relevé d'hémorragie périarticulaire, musculaire ou viscérale; leurs os présentaient à la coupe une résistance marquée, normale (2) ou voisine de la normale, sans altération au moins microscopique du tissus osseux (3).

Il apparaît donc que le rat semble défendre sa nutrition osseuse contre certains régimes ou agents dystrophiques qui se montrent très nocifs pour celle du cobaye. Par contre on sait combien la nutrition osseuse du rat, dans certaines conditions bien précisées par les auteurs américains, est sen-

(1) L'un d'eux est encore vivant au 110e jour.

(2) Dans 15 pour 100 environ des cas on note à l'autopsie un certain défaut de résistance osseuse peu accentué, d'ailleurs.

(3) Des recherches histologiques sont en cours.

sible à la carence du phosphore qui détermine chez lui un syndrome rachitique qui ne paraît pas avoir pour l'instant été observé chez le cobaye dans des conditions identiques.

Ainsi donc pour ne considérer que ces deux espèces animales (il sera nécessaire de poursuivre des expériences sur d'autres espèces), on est frappé de la différence de résistance qu'oppose chacune d'elles aux causes dystrophiques en ce qui touche principalement leur nutrition osseuse. Il serait du plus haut intérêt de préciser la cause de cette différence. En tout cas cette comparaison nous incite à ne pas appliquer rigoureusement à la nutrition osseuse d'une espèce les résultats obtenus par l'expérimentation sur une autre espèce. En ce qui concerne la nutrition de l'homme, il faudra se servir avec une extrême circonspection des renseignements fournis par l'étude de la nutrition osseuse d'une autre espèce animale, surtout lorsque celle-ci est de par son alimentation et sa nutrition fort éloignée de lui ([1]).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les variations de quelques réserves hydrocarbonées dans la Mercuriale vivace* (Mercurialis perennis *L.*). Note de M. **P. Gillot**, présentée par M. Guignard.

Les organes de réserve de la Mercuriale vivace sont constitués par un rhizome, long et traçant, portant aux nœuds des racines adventives fasciculées et des rameaux plus ou moins nombreux.

En août-septembre, des bourgeons expectants, formés au niveau des nœuds, commencent à s'allonger en rameaux souterrains dont l'accroissement se poursuit jusqu'à la fin de l'hiver. A cette époque, l'extrémité de chacune de ces jeunes pousses arrive à la surface du sol et commence à émerger. Tandis que la partie basilaire de ces nouveaux organes reste souterraine et persiste pendant plusieurs années, compliquant ainsi la morphologie du rhizome, la partie aérienne donne une tige feuillée qui porte aussitôt des fleurs, fructifie très rapidement, continue à vivre jusqu'à l'automne et disparaît à l'hiver.

On peut diviser le cycle végétatif annuel de la plante en 5 périodes :

([1]) Des constatations faites au cours de recherches sur le pigeon et le lapin nous pouvons conclure qu'alors que ce dernier se rapproche du cobaye, le pigeon défend à peu près son squelette à la façon du rat. Dans nos cas, ni la carence de l'antiscorbutique ni l'emploi pendant 80 jours de fortes doses d'extrait thyroïdien n'ont provoqué de troubles généraux ni osseux.

1° Vie uniquement souterraine, s'étendant de la chute des feuilles jusqu'au départ de la végétation printanière : décembre à mars;

2° Constitution très rapide de l'appareil aérien, floraison et fructification : mars-avril;

3° Période d'activité assimilatrice, sans formation de nouveaux organes : mai à août;

4° Continuation de la période d'assimilation, avec apparition de la ramification souterraine : août-septembre.

5° Déclin de la végétation aérienne et développement des rameaux souterrains : octobre-novembre.

Afin de suivre les variations des réserves hydrocarbonées au cours de sa végétation, j'ai soumis à l'analyse les différents organes de la Mercuriale vivace, du mois de décembre 1920 au mois de décembre 1921.

Dans la présente Note, je ne relaterai que les variations subies, en cours d'année, par l'amidon, le maltose et le saccharose.

L'examen des résultats numériques fournis par douze essais biochimiques permet de résumer ainsi la marche des transformations qui s'opèrent dans les organes de réserve :

Pendant la première période végétative, la teneur en amidon, des rhizomes et des racines, ne subit que des variations de faible amplitude et approche lentement de son minimum (3 à 4 pour 100) (¹). La quantité de maltose reste sensiblement constante et voisine de 1 pour 100. Le saccharose, qui était à son taux maximum (4 pour 100) au début de cette période, diminue au fur et à mesure de l'accroissement des rameaux souterrains et se trouve réduit de moitié à la fin de cette période de vie purement souterraine.

Au cours de la deuxième période, la quantité d'amidon reste à son minimum; le maltose atteint sa proportion la plus faible (0,5 pour 100). Pendant ce temps, une nouvelle portion de saccharose disparaît.

Dès le début de la troisième période, on assiste à une accumulation d'amidon; le maltose commence, lui aussi, à augmenter progressivement. Par contre, c'est à ce moment que la quantité de saccharose est la plus faible (1 pour 100).

A la fin de la quatrième période, l'accumulation des matières amylacées atteint son maximum (6 pour 100 dans les rhizomes et 13 pour 100 dans les racines). Il en est de même de la proportion de maltose qui dépasse

(¹) Ces résultats sont rapportés à 100g d'organes frais.

légèrement 2 pour 100. La teneur en saccharose commence à augmenter, mais n'excède pas sensiblement 2 pour 100.

Pendant la cinquième période, la moitié environ de la réserve amylacée disparaît; la proportion de maltose diminue sensiblement d'un tiers. La quantité de sucre de canne augmente au contraire, du simple au double, indiquant qu'il y a, à cette époque, transformation d'amidon en saccharose.

En résumé : 1° Les résultats obtenus confirment les données déjà acquises sur les relations de l'amidon et du saccharose dans les organes de réserve des végétaux.

2° La persistance et les variations du maltose dans les rhizomes et les racines de la Mercuriale montrent que ce sucre, considéré habituellement comme une formation transitoire, semble constituer ici un véritable principe de réserve.

Cette opinion se trouve renforcée par les résultats obtenus en analysant méthodiquement les rameaux développés chaque année sur les rhizomes : pendant leur vie souterraine, ces rameaux sont dépourvus de maltose; après leur sortie de terre, l'analyse ne permet jamais de déceler le maltose dans leur partie aérienne, tandis qu'elle révèle l'apparition de ce sucre dans leur partie souterraine aussitôt après la floraison. La quantité de maltose emmagasinée dans cette partie souterraine, devenue rhizome, augmente progressivement et atteint son maximun à la fin de la période d'activité assimilatrice. A partir de ce moment, elle commence à diminuer, reste sensiblement stationnaire pendant la durée de la vie purement souterraine et arrive à son minimum au moment du départ de la végétation aérienne.

Ces faits montrent que le maltose, qui existe constamment dans les organes de réserve de la Mercuriale vivace, y subit des variations comparables à celles de l'amidon et du saccharose; ils permettent donc de considérer ce sucre comme une substance de réserve au même titre que les deux autres polysaccharides.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur quelques bases, du type de la tropacocaïne, dérivées de la pseudopelletiérine.* Note de M. **Georges Tanret**, présentée par M. L. Maquenne.

On sait que la pseudopelletiérine, l'un des alcaloïdes de l'écorce de grenadier, est l'homologue supérieur d'une autre base cétonique : la tropinone. Les alcools-aminés correspondants, obtenus par réduction de la fonction

cétone, sont bien connus : c'est, d'une part, la tropine, existant sous ses deux formes stéréochimiques : tropine et ψ-tropine (I), c'est, d'autre part, la *n*-méthylgranatoline (II).

$$\begin{array}{ccc} CH^2 - & CH - & CH^2 \\ | & | & | \\ | & N(CH^3) & CHOH \\ | & | & | \\ CH^2 - & CH - & CH^2 \end{array} \qquad \begin{array}{ccc} CH^2 - & CH - & CH^2 \\ | & | & | \\ CH^2 & N(CH^3) & CHOH \\ | & | & | \\ CH^2 - & CH - & CH^2 \end{array}$$

(I). (II).

La tropine et surtout la ψ-tropine fournissant par éthérification au moyen de l'acide benzoïque des composés possédant une anesthésie marquée (l'un d'eux, la benzoyl-ψ-tropine, n'étant autre que la tropacocaïne de la coca de Java), il pouvait sembler intéressant de préparer les dérivés correspondants du groupe de la pseudopelletiérine et de rechercher si, par analogie, on ne retrouverait pas chez eux les propriétés anesthésiques du groupe précédent. On pouvait se croire encouragé dans une telle recherche en se souvenant que Werner (1918) a constaté le pouvoir mydriatique des éthers atropique et mandélique de la méthylgranatoline, éthers qui sont justement les homologues nucléaires de l'atropine et de l'homatropine.

1. *Benzoyl-méthylgranatoline* $CH^3.N < C^7H^{12} > CH.O.CO.C^6H^5$. — Le point de départ de sa préparation est la *n*-méthylgranatoline que l'on obtient, avec des rendements quantitatifs, en réduisant la pseudopelletiérine par le sodium et l'alcool absolu.

La benzoylation de cette base par la méthode de Baumann ne donna à Ciamician et Silber (1893) qu'un produit sans caractère de pureté. Elle est au contraire fort facile si l'on fait agir le chlorure de benzoyle sur la base en solution benzénique, au bain-marie bouillant pendant une heure environ (à froid il ne se produirait que du chlorhydrate de méthylgranatoline). Le chlorhydrate est purifié par cristallisation dans l'alcool absolu : il est soluble dans un $1^p,5$ d'eau et fond à 264°-266°.

La benzoyl-méthylgranatoline est une huile presque incolore, insoluble dans l'eau, distillant sans décomposition à 230° sous 24^{mm}Hg. Elle donne des sels bien définis : sulfate à $3H^2O$ (f. 181°), nitrate (f. 227°). Le bromhydrate et surtout l'iodhydrate sont assez peu solubles dans l'eau. L'iodométhylate, presque insoluble, ne fond qu'au delà de 300°.

Si l'on se souvient que la tropinone réduite par Na et l'alcool donne la pseudotropine, on voit que la base étudiée correspond à la benzoyl-ψ-tropine et n'est autre qu'une homotropacocaïne.

Les propriétés physiologiques de cette homotropacocaïne rappellent celles de la tropacocaïne elle-même. C'est un anesthésique local, et l'expérience montre que si l'on représente par 1 le pouvoir anesthésique de la cocaïne, celui de l'homotropacocaïne peut être évalué à $\frac{1}{2}$, celui de la tropacocaïne à $\frac{1}{3}$. Injectée au cobaye et à la souris, elle provoque à dose toxique des phénomènes d'excitation se traduisant par une série presque ininterrompue de convulsions cloniques, puis surtout toniques, pouvant amener la mort par inhibition des centres, paralysie et asphyxie. Son action se rapproche beaucoup de celle des alcaloïdes de la coca : elle s'écarte cependant de la cocaïne par un certain nombre de propriétés qui lui sont communes avec la tropacocaïne : absence de mydriase à dose modérée, intensité moins grande des phénomènes convulsifs, absence de vaso-constriction et au contraire vaso-dilatation légère, mort des animaux en hypothermie (baisse de 10° en deux heures), la cocaïne amenant, on le sait, une hyperthermie constante.

Les doses mortelles ont été déterminées par injection sous-cutanée (cobayes de 500g à 650g; souris de 18g à 23g) :

	Dose mortelle par kilo d'animal.	
	Cobaye.	Souris.
Chlorhydrate de cocaïne	0g,07	0g,13 à 0g,14
» benzoyl-méthylgranatoline	0g,14 à 0g,15	0g,17 à 0g,18
» tropacocaïne	0g,20 à 0g,21	0g,62 à 0g,64
» méthylgranatoline	»	0g,18
» pseudopelletiérine	0g,23 à 0g,24	0g,20

Elles montrent que si la cocaïne est la plus toxique des bases de cette série, la benzoyl-méthylgranatoline l'est sensiblement moins, davantage cependant que la tropacocaïne. On peut évaluer le rapport de ces toxicités respectives à 1, $\frac{1}{2}$ et $\frac{1}{3}$ chez le cobaye : à 1, $\frac{3}{4}$ et $\frac{1}{5}$ chez la souris. La toxicité suit une décroissance de même ordre que celle du pouvoir anesthésique.

2. *Cinnamyl-méthylgranatoline.* — Par la méthylgranatoline et le chlorure de cinnamyle. La base cristallise facilement et fond à 62°-63°. Ses sels, bien cristallisés, sont peu solubles (le nitrate ne se dissout que dans 195 parties d'eau à 14°, l'iodhydrate dans 240 parties).

L'anesthésie produite par les dérivés cinnamylés est un peu inférieure à celle des dérivés benzoylés.

3. *p-Nitro-benzoyl-méthylgranatoline*

$$CH^3.N < C^7H^{12} > CH.O.CO.C^6H^4.NO^2.$$

Par la méthylgranatoline et le chlorure de *p*-nitrobenzoyl. Le chlorhy-

drate est en aiguilles blanches, de saveur amère, puis fraîche, solubles à 15° dans 46 parties d'eau. La base donne des cristaux jaune pâle fondant à 149°-150°.

4. *p-Amino-benzoyl-méthylgranatoline*

$$CH^3.N < C^7H^{12} > CH.O.CO.C^6H^4.NH^2.$$

A été obtenue par réduction du dérivé nitré au moyen de l'acide acétique et de la limaille de fer : cristaux blancs fondant à 194°-196°. Le chlorhydrate est assez peu soluble (1 partie pour 35 parties d'eau à 15°) et est doué d'un pouvoir anesthésique notablement plus faible que celui des dérivés précédents.

En résumé, on voit que l'écorce de grenadier est capable, par la pseudopelletiérine, de donner des anesthésiques locaux intéressants. Leur étude montre que le double noyau pipéridinique en C^9 de l'homotropacocaïne conduit à des dérivés plus anesthésiques (mais plus toxiques) que le noyau pipéridino-pyrrolidinique en C^8 de la tropacocaïne. Ainsi se trouve établi un nouvel exemple de la différenciation marquée qui peut exister au point de vue physiologique entre les homologues nucléaires d'une même série, pourtant si voisins au point de vue chimique.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action de la levure sur le lactate de chaux; production d'alcool éthylique.* Note de **M. E. Kayser**, présentée par M. Lindet.

Parmi les composés considérés comme intermédiaires entre les sucres et l'alcool éthylique, on attribue une grande importance aux acides lactique et pyruvique qui peuvent dériver l'un de l'autre par voie chimique ou biologique.

Les recherches de Fernbach et Schœn ([1]), Beyerinck et Folpmers, Mazé et Ruot ([2]) nous ont fait connaître un certain nombre de microorganismes oxydants s'arrêtant au stade pyruvique; Aubel ([3]) a étudié un microbe des eaux apte à transformer l'acide pyruvique en acide lactique; nous savons encore que la levure peut décomposer l'acide lactique en acide pyruvique, acide acétique et acide carbonique.

([1]) *Comptes rendus*, t. **157**, 1913; t. **158**, 1914, et t. **170**, 1920.

([2]) *C. R. Soc. Biol.*, p. 80 et 81.

([3]) *Comptes rendus*, t. **176**, 1923.

Furth et Lieben [1] ont montré que cette transformation exige le contact intime avec l'oxygène, qu'elle est indépendante de la température, de la configuration de l'acide lactique et de la tension de l'oxygène; Kohl [2] a signalé la fermentescibilité du lactate de soude par la zymine, la levure pressée et la levure basse de brasserie, sans apporter aucune preuve pour la production d'alcool éthylique.

Nous avons essayé l'action de diverses levures pures, ensemencées au fil de platine, dans des solutions de lactate de chaux additionnées des solutions minérales habituelles sous diverses conditions, et nous avons recherché, dans nos liquides, l'acide pyruvique, les acides acétique et valérianique, et les alcools de la série grasse.

I. Nous avons dosé l'acide pyruvique par la méthode colorimétrique en employant la réaction de Simon; d'autre part le titre de la solution pyruvique type a été déterminé par la diminution du titre alcalimétrique d'une solution de chlorhydrate d'hydroxylamine décinormale en milieu alcalin en présence de méthylorange; la diminution a été évaluée en acide sulfurique décinormal. D'une façon générale les deux méthodes ont donné des résultats comparables, bien que ceux obtenus avec l'hydroxylamine étaient quelquefois légèrement supérieurs.

Il existe des races de levures qui donnent une oxydation plus rapide et plus prononcée; les levures de laiterie, de vin, de cidre sont plus oxydantes que les levures de brasserie. L'oxydation est plus rapide à 28° qu'à 12°, plus intense dans les cultures en surface qu'en profondeur; elle augmente jusqu'à une certaine limite avec la dose de lactate de chaux, de phosphate monopotassique et ammoniacal.

L'addition de carbonate de chaux accroît la production d'acide pyruvique, comme l'ont déjà signalé Fernbach et Schœn pour les solutions minérales sucrées.

	Acide pyruvique produit pour 1000.	
	Sans carbonate.	Avec carbonate.
Levure de vin	2^{g},15	3^{g},03
» brasserie	1,60	2,86
» laiterie	2,41	2,68

(1) *Bioch. Zeitschr.*, t. 128.
(2) *Dissertation de Leipzig*, 1909.

L'oxydation était plus intense avec une combinaison de diverses levures qu'avec chacune employée seule.

II. Dans nos essais nous avons en outre constaté la production d'une odeur très agréable, variable en intensité selon les conditions de l'expérience. Nous l'avons attribuée à un mélange d'alcool et d'éthers.

Les liquides fermentés sont d'abord concentrés à l'appareil à reflux Vigreux; les composés volatils ainsi recueillis sont saponifiés avec un volume connu de potasse titrée, pendant une heure au réfrigérant ascendant; on a récupéré les alcools mis en liberté par passage au réfrigérant Liebig.

Les sels potassiques ont été additionnés d'acide sulfurique pour libérer les acides volatils dosés ensuite par la méthode des distillations fractionnées Duclaux; on les trouve formés d'un mélange d'acide acétique AA et d'acide valérianique AV; les rapports ont varié comme suit :

$$\frac{1\,AV}{2,5\,AA}; \quad \frac{1\,AV}{1,75\,AA}; \quad \frac{1,2\,AV}{1\,AA};$$

un de nos essais a fourni par litre $52^{mg},9$ AA et $28^{mg},8$ AV à l'état d'éthers volatils.

La même méthode nous a donné les rapports suivants :

$$\frac{1\,AV}{3\,AA}, \quad \frac{1\,AV}{4\,AA}, \quad \frac{1\,AV}{10\,AA}$$

pour la combinaison de ces mêmes acides à l'état de sels de chaux; il y a proportionnellement plus d'acide acétique à l'état de sels de chaux qu'à l'état d'éthers.

Le liquide alcoolique a été soumis aux essais suivants : recherche des aldéhydes à la phénylhydrazine, par la réaction Lebbin, à la résorcine, le bisulfite de rosalinine, résultats négatifs; réaction au chlorure de benzoyle, oxydation par le mélange chromique, positives; hexagones et feuillets d'iodoforme, compte-gouttes Duclaux, constatation nette du phénomène des « larmes de Pasteur »; enfin le liquide ajouté aseptiquement à un bouillon de culture a été ensemencé au fil de platine avec une bactérie acétique de vin.

Remarquons que l'acide acétique domine, la bactérie acétique employée n'oxydant que faiblement l'alcool amylique; la production d'acide acétique montre la présence d'alcool éthylique, produit par la levure aux dépens du lactate de chaux.

L'odeur éthérée provenait donc d'un mélange de valérianate d'éthyle et d'acétate d'amyle; peut-être même y avait-il de l'alcool libre, eu égard à l'instabilité de ces sortes d'équilibres.

	Essai I.			Essai II.		
	a.	*b.*	*c.*	*a.*	*b.*	*c.*
1re prise........	8,6	»		9,2	»	
2e »	17,6	17,0		18,4	18,6	
3e »	25,9	25,1		27,6	27,6	
4e »	34,6	34,3	1 AV	36,8	36,4	1 AV
5e »	43,2	43,1	20 AA	46,0	45,2	10 AA
6e »	52,8	52,5		55,2	54,4	
7e »	62,5	63,1		64,4	64,1	
8e »	73,0	»		75,0	»	
9e »	85,5	»		86,8	»	
10e »	100,0	»		100,0	»	

La colonne *a* indique les rapports centésimaux trouvés; *b* ceux indiqués par Duclaux pour un mélange déterminé et *c* le rapport entre les deux acides mélangés.

Des recherches en cours nous permettront d'établir encore plus nettement la proportion des alcools mélangés à l'alcool éthylique, leur proportion libre ou combinée, en ayant recours à la prise de densité, au compte-gouttes Duclaux, à l'oxydation biochimique et chimique à la fois.

BIOLOGIE. — *Les zones critiques de l'adaptation au milieu.*
Note de M. **Alphonse Labbé**, présentée par M. Henneguy.

Les expériences récentes de Clowes et Smith [1], de Vlès, Dragoiu et Rose [2] sur le rôle du P_H dans la fécondation et le développement des œufs d'Échinodermes, expériences identiques d'ailleurs comme résultats à celles que j'ai faites sur les œufs d'Annélides et de Némertiens, mettent en évidence que, pour un P_H voisin de 4,7, fécondation et ontogenèse sont inhibées. Or ce chiffre 4,7 est précisément le *point isoélectrique*, c'est-à-dire le moment où le nombre des anions étant égal à celui des cations, le transport des charges positives est égal au transport des charges négatives.

En ce point, la concentration en anions et en cations est *minima*, condi-

---

(1) *Journ. of Biolog. Chem.*, t. 50, 1922.
(2) *Comptes rendus*, t. 176, 8 janvier, 5 février et 19 février 1923.

tion réalisée pour

$$(\overset{+}{\mathrm{H}}) = \sqrt{\frac{K_a}{K_b}} K_e,$$

K_a, K_b et K_e représentant respectivement les constantes de dissociation des acides, des bases et de l'eau.

Comme l'a démontré J. Loeb, au point isoélectrique, l'albumine ne fixe plus ni les anions, ni les cations, et toutes les propriétés des albumines, en tant que colloïdes amphotères (électrophorèse, viscosité, solubilité, gonflement, etc.), sont au *minimum* (Michaëlis).

Le point isoélectrique représente donc pour les cellules vivantes une première zone critique, qui est la *zone acide minima*. Elle doit d'ailleurs se réaliser rarement dans les solutions aqueuses naturelles en dehors de quelques cas particuliers, et n'a qu'une valeur expérimentale.

Si l'on trouve une première zone critique avec un P_H descendant, on peut, expérimentalement, déterminer une deuxième zone critique avec un P_H ascendant, c'est-à-dire un point d'*alcalinité maxima*, qui est atteint, dans la nature, par la concentration saline progressive dans les marais salants.

Dans diverses Communications antérieures ([1]), j'ai indiqué que chez les Annélides et les Némertiens (*Halosydna*, *Sabellaria*, *Lineus*), il y avait un P_H optimum pour la pénétration du spermatozoïde dans les fécondations hétérogènes, comme dans la fécondation normale, et que cet optimum est voisin de $P_H = 8,35\text{-}8,40$. Au-dessous, jusqu'à 8,1, il n'y a aucun changement; au-dessus, se montrent des anomalies, et l'inhibition est complète pour $P_H = 8,5$. Ces chiffres valent également pour la vitesse du développement. Gray ([2]) a d'ailleurs observé que les spermatozoïdes, porteurs d'une charge superficielle négative, n'ont d'action que dans les solutions capables de maintenir cette charge, d'où le rôle prépondérant de la concentration en ions hydrogène.

Mais il est curieux de constater que ce chiffre de $P_H = 8,5$ est également celui pour lequel disparaît la *faune halophile* des marais salants. Au delà vivent seuls les *Artemia*, des larves d'Insectes et quelques Infusoires, dont *Fabrea salina*.

Dès que la concentration du milieu et la formation des bicarbonates élèvent la courbe de P_H au-dessus de 8,2, chiffre normal, les animaux

([1]) *Comptes rendus*, 1er mai, 15 mai 1922; 14 mai 1923.
([2]) *Proc. Roy. Soc.*, mars 1920, p. 147-156.

marins ou dulcicoles qui, en hiver, s'étaient aventurés dans les salines, subissent des crises pathologiques (autotomies, gonflement, spasmes musculaires, paralysies et pertes de la sensibilité, troubles trophiques, dégénérescence génitale), et, tout au plus, quelques individus, plus résistants, s'adaptent tant bien que mal, en achetant leur droit de cité dans la saline au prix d'une taxe de séjour : perte de quelques soies, ou de quelques articles d'antennes. D'ailleurs, ils disparaissent aux environs de $P_H = 8,5$. Mais leurs œufs peuvent résister, et se développer si P_H n'excède pas 8,5, et, dans ce cas, les produits diffèrent quelque peu des parents. On connaît la célèbre expérience de Paul Bert sur les Daphnies qui meurent en eau salée, mais dont les œufs peuvent se développer. J'avoue n'avoir jamais pu réussir l'expérience de Paul Bert, mais je puis citer deux expériences comparables.

En hiver, dans les salines où P_H a un degré uniforme de 8,2, on trouve en abondance deux Copépodes d'eau douce : *Cyclops bicuspidatus* Claus, et *Eurytemora affinis* Poppe. En été, dans les gobiers ou les premiers fares, où P_H est aux environs de 8,4, on ne trouve plus ces deux espèces, mais J. Richard et moi-même avons rencontré *Cyclops helgolandicus* Rehberg et *Eurytemora lacinulata* Fischer. En faisant développer dans une eau de mer de $P_H = 8,4$ des coques ovigères des deux formes d'hiver, j'ai obtenu *Cyclops helgolandicus* (= *C. bicuspidatus* var. *odessanus* Schmankewitsch) et *Eurytemora lacinulata* (= *E. affinis*, var. *lacinulata*). Ces deux dernières espèces ne sont donc que des formes sursalées des espèces d'hiver, saumâtres. Notons d'ailleurs que les caractères distinctifs de ces espèces, sur lesquels je reviendrai ultérieurement, sont du même ordre que ceux qui séparent les formes *salina*, *Milhausenii*, et *koppeniana* des *Artemia*.

Voici donc un chiffre : $P_H = 8,5$, qui, dans le sens alcalinité, a une importance équivalente au point isoélectrique. Comment doit-on l'interpréter?

J'ai cru d'abord reconnaître des différences dans le P_H intérieur des œufs des Sténohyalins (P_H faible et acide), et des eurihyalins (*Nereis diversicolor*, Copépodes), les derniers ayant un P_H élevé, supérieur au P_H extérieur. Mais il faut remarquer que les indicateurs donnent avec les colloïdes des résultats si contradictoires, qu'il est prudent de ne pas se fier à la méthode connue actuellement de Sœrensen.

On sait seulement, depuis J. Lœb, que l'albumine, au-dessus de 4,7, fixe les seuls cations, et que, au-dessus de 8,5, l'action des cations mono- et plurivalents devient spécifique.

Faut-il penser que la zone critique est déterminée par le moment où la courbe du P_H extérieur vient couper celle du P_H intérieur en un point mort, un *point isoalcalin*, qui deviendrait le seuil de l'inhibition vitale? Ce

$P_H = 8,5$ ne serait-il pas un *deuxième point isoélectrique*, où les propriétés physiques seraient au minimum? Cela est à vérifier.

D'après la loi de Coehn, les substances dont la constante diélectrique est élevée sont positives au contact des substances dont la constante diélectrique est moindre. L'action réciproque de la substance vivante et du milieu, maintenus à une différence de potentiel constante, est directement proportionnelle à la constante diélectrique de l'eau de mer. Mais il peut se faire que, au point 8,5, il puisse y avoir égalité de potentiel de part et d'autre de la membrane, donc stabilité définitive des phases et des équilibres de Donnan et inhibition mortelle.

Il est évident que si, pour un organisme donné, on peut employer le mot : point critique, il vaut mieux, dans le raisonnement, adopter le terme *zone critique*, car ce chiffre de 8,5, valable pour les œufs à chorion mince, est peut-être dépassé pour des œufs bien protégés comme ceux des Crustacés et des Insectes.

Quoi qu'il en soit de ce problème que peuvent résoudre les physiciens, il semble que nous soyons arrivés à un tournant de la Biologie tel, que l'adaptation au milieu cesse d'être une vieille chose vague et mystérieuse, et puisse se comprendre avec des constantes physiques; et l'heure n'est peut-être pas éloignée où l'on pourra appliquer au système physico-chimique : organisme-milieu, la loi des phases de Gibbs.

ENTOMOLOGIE. — *Le peuplement en Araignées de la Nouvelle-Calédonie.* Note de M. L. **Berland**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

La position de la Nouvelle-Calédonie en rend l'étude particulièrement intéressante au point de vue zoogéographique. Cette île, dont l'étendue est sensiblement égale à celle de la Corse, est l'une des plus isolées parmi les îles de grande superficie, 1700^{km} la séparant de l'Australie, et 2000^{km} de la Nouvelle-Zélande. D'autre part, tandis que presque toutes les îles du Pacifique sont d'origine volcanique ou madréporique, la Nouvelle-Calédonie doit sa formation à des mouvements orogéniques; son existence peut donc être plus ancienne et sa faune peut avoir acquis des caractères particuliers.

Les Araignées de la Nouvelle-Calédonie étaient connues jusqu'à présent par des travaux de M. E. Simon, remontant à une trentaine d'années. En 1911-1912, MM. Sarasin et Roux, naturalistes bâlois, y ont fait un séjour prolongé, au cours duquel ils ont récolté un important matériel

botanique et zoologique, et notamment un lot d'Araignées, dont l'étude m'a été confiée. J'ai pu porter de 60 à 150 le nombre des espèces connues, et en tirer des conclusions que je résume ici.

La faune aranéenne de la Nouvelle-Calédonie a un caractère nettement endémique : 93 espèces sur les 150 actuellement connues étant absolument spéciales à l'île. Le restant comprend des espèces qui sont connues aussi d'Australie, de Nouvelle-Zélande, de Malaisie, de l'Inde, ou même ont une plus large répartition; parmi celles-ci se trouvent 9 espèces cosmopolites, transportées principalement par l'homme.

Si l'on étudie de près les espèces endémiques, on constate que leurs affinités sont surtout très nettes avec l'Australie. Tandis que la Nouvelle-Calédonie renferme un si grand nombre d'espèces spéciales, elle ne compte que 9 genres qui lui soient propres, presque toutes les espèces appartenant à des genres qui ont aussi des représentants en Australie.

L'hypothèse d'un transport d'une terre à l'autre par le vent (vol aérien des jeunes), par les bois flottants, etc., ne peut être envisagée, car ces facteurs continueraient à agir, et les deux faunes auraient beaucoup plus de rapprochements spécifiques qu'elles n'en ont. Ces facteurs ne doivent d'ailleurs exercer leur action que pour des distances assez faibles, car ils n'ont produit, par exemple, aucun échange appréciable d'Araignées entre Madagascar et l'Afrique orientale, que 400^{km} seulement séparent. On est amené à admettre que la Nouvelle-Calédonie et l'Australie ont été reliées autrefois et que les affinités de leurs faunes n'ont pas d'autre origine.

La mer du Corail qui sépare les deux terres a presque partout une grande profondeur, et il ne semble pas qu'il ait pu y avoir par là une connexion directe. Mais vers le nord de la Nouvelle-Calédonie se trouvent une série d'îles, séparées par une mer peu profonde, englobées dans le grand synclinal circumpacifique, et de puissants mouvements verticaux de l'écorce terrestre ont eu lieu sur cette région. Il est donc possible que la Nouvelle-Calédonie ait été reliée par là à la Nouvelle-Guinée et à la Malaisie, tandis que l'Australie l'était également de son côté. Une migration nord-sud, partant de la Malaisie, grand centre de dispersion biologique, aurait peuplé parallèlement l'Australie et la Nouvelle-Calédonie; l'isolement ultérieur aurait amené la création de part et d'autre d'espèces spéciales, très voisines puisqu'elles ont une origine commune.

Au même moment la Nouvelle-Zélande avait été reliée à la Nouvelle-Calédonie et recevait une grande partie de sa faune de la même manière ([1]), mais depuis sa séparation, les conditions climatériques sont devenues tellement différentes qu'il n'est resté qu'un assez petit nombre d'espèces communes ou affines.

Un travail récent semble permettre de dater avec une assez grande précision l'époque de ces mouvements. M. Piroutet, qui a étudié en détail la stratigraphie de la Nouvelle-Calédonie ([2]), établit que cette île a été entièrement submergée vers la fin de l'Éocène. Par contre, on ne trouve pas de dépôts sédimentaires plus récents, de sorte que la faune s'y est établie vers l'Oligocène, et certainement pas avant. Ceci est parfaitement d'accord avec nos connaissances sur l'ancienneté des Araignées. Nous savons, en effet, que la faune aranéenne du globe était à l'Oligocène très voisine de ce qu'elle est de nos jours (Araignées de l'ambre et de certains dépôts). L'évolution du groupe a été fort lente depuis cette époque et n'a guère dépassé, en général, la création d'espèces.

On peut donc, pour résumer, dire que :

1° Les transports actuels d'Araignées sont très peu importants et n'atteignent, pour la Nouvelle-Calédonie, que 9 espèces sur 150, espèces cosmopolites, toujours les mêmes, bien connues.

2° Le peuplement en Araignées de la Nouvelle-Calédonie est en fonction des relations paléogéographiques; il est dû presque uniquement à une migration d'espèces venant de Malaisie; l'Australie a été peuplée en même temps et de la même manière.

3° On peut fixer vers l'Oligocène l'époque de ce peuplement.

BIOSPÉOLOGIE. — *Sur l'évolution des Coléoptères aveugles et le peuplement des grottes dans les monts du Bihor, en Transylvanie.* Note de M. **René Jeannel**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Dans les massifs calcaires des monts du Bihor, les Coléoptères aveugles abondent sous les pierres enfoncées en forêt (Endogés) et dans les grottes. Ils y sont extrêmement nombreux en tant qu'individus, mais le nombre des groupes auxquels ils appartiennent est très restreint. Trois genres cons-

([1]) Ch. Hedley, *Proc. Linn. Soc. N. S. W.*, 1899, p. 391.
([2]) Piroutet, *Thèse,* Paris, 1917.

tituent en effet à eux seuls toute la faune souterraine de la région, *Duvalites* (*Trechinæ*), *Drimeotus* et *Pholeuon* (*Bathysciinæ*), ce dernier genre étant exclusivement cavernicole, alors que les deux premiers se trouvent aussi bien sous les pierres que dans les grottes.

Les *Duvalites* du Bihor n'ont pas les mêmes mœurs que les Endogés habitant les régions dénudées du littoral méditerranéen. Ils sont avant tout inféodés aux grandes forêts humides des massifs calcaires. Au printemps c'est en surface qu'on les trouve sous les pierres, même petites, lorsqu'elles reposent sur un sol argileux, grumeleux, remanié par le travail des vers de terre. Certains d'entre eux, comme *D. cognatus*, se trouvent ainsi à l'état de larve et d'imago avec les *Trechus* oculés et paraissent même bien moins exigeants au point de vue de l'humidité que certains de ces derniers, que *T. pulchellus*, par exemple. La grande majorité de ces *Duvalites* vit ainsi en surface dans des endroits où l'humidité est relativement constante. En temps de sécheresse, ils s'enfoncent dans le sol, probablement le long des galeries des Oligochètes; mais en cela ils font comme les autres Carabiques.

Ces mêmes espèces de *Duvalites* se retrouvent dans les grottes et il est remarquable qu'aucune différence morphologique n'existe entre les individus cavernicoles et les individus épigés. Ces derniers, d'ailleurs, possèdent tous les caractères (réduction de l'œil, dépigmentation, allongement des membres) que l'on attribue d'habitude à l'action du milieu souterrain.

Les *Drimeotus* ont des mœurs un peu différentes. On les trouve très rarement sous les pierres; ils m'ont paru vivre surtout dans les fentes de retrait de l'argile, au contact des parois rocheuses des lapiaz. Par ces fentes, ils abordent les fissures de la roche et pénètrent dans les grottes; mais dans les endroits humides des forêts ils peuvent aussi sortir des fentes et se trouver errant à découvert sur les parois rocheuses. Et, cependant, aveugles, avec leurs longues antennes et leur corps rétréci, ces *Drimeotus* ne le cèdent en rien, par leur aspect général, à bien des types de *Bathysciinæ* cavernicoles que l'on considère comme des plus évolués.

Ces *Duvalites* et *Bihorites* ne se sont d'ailleurs pas comportés de la même manière dans toute la chaîne des monts Bihor. Dans les massifs calcaires de la région centrale, dont l'altitude atteint 1500^{m}, où les neiges persistent très tard et où les forêts sont remarquablement humides, ils abondent sous les pierres et manifestement commencent à coloniser les grottes. Dans le nord de la chaîne, au contraire, où les montagnes ne dépassent pas 900^{m}, où les forêts sont relativement sèches et les neiges fondent de bonne heure, il n'existe pas d'endogés et toutes les espèces connues sont cavernicoles, ne

différant d'ailleurs en rien par leurs caractères évolutifs des espèces endogées du Bihor central.

Tous ces faits permettent donc de se faire l'idée suivante du peuplement du domaine souterrain dans les monts du Bihor :

Pendant le Glaciaire, les *Duvalites, Drimeotus* et *Pholeuon*, venus des massifs dinariques à la fin du Pliocène, vivaient à la surface du sol, à la faveur d'un climat très humide. Par suite du changement du climat, après les temps glaciaires, tous ces coléoptères, d'abord largement distribués, se sont localisés, formant des colonies dans les endroits plus favorables, puis se sont enfoncés peu à peu dans le sol, d'abord aux saisons sèches, puis définitivement. Des races locales, des espèces nouvelles ont pris naissance, par ségrégation, mais toutes semblent bien être actuellement telles qu'elles étaient pendant le Glaciaire, lorsqu'elles menaient une vie épigée, au point de vue de leur dépigmentation, de la régression de l'œil et de tous les caractères généralement dits adaptatifs.

Cette immigration dans le sous-sol est achevée aujourd'hui dans les basses altitudes et particulièrement dans le nord du Bihor. Elle est en cours dans la région centrale dont la faune, à la fonte des neiges, nous donne certainement une image assez exacte de ce que devait être jadis cette ancienne faune hygrophile épigée.

Les *Pholeuon*, probablement plus exigeants sur les conditions hygrométriques, ont dû peupler les grottes les premiers, sans doute après avoir été eux aussi endogés. Puis les *Drimeotus* sont devenus endogés dans le nord du Bihor, y ont colonisé les grottes, comme ils le font de nos jours dans le Bihor central, et ont finalement disparu de la faune endogée. Leurs colonies cavernicoles dans le nord du Bihor jalonnent maintenant leur ancienne aire de répartition épigée.

On voit donc à quel point les monts du Bihor constituent un merveilleux champ d'observation pour l'étude de la genèse des faunes cavernicoles. On peut y saisir sur le vif la preuve que les caractères bien connus des Cavernicoles ne sont pas forcément des adaptations au milieu souterrain, puisqu'on les trouve parfaitement développés chez des espèces encore épigées. Ces modifications qu'on observe chez les Cavernicoles semblent plutôt être le fait de vieilles orthogénèses dont les causes, probablement diverses, seront à débrouiller.

En général les Cavernicoles appartiennent à des lignées anciennes et très spécialisées, ayant subi dans le passé des évolutions très diverses. Une hygrophilie progressive, peut-être liée à certains de leurs caractères mor-

phologiques, les a amenés à n'être plus viables dans le domaine épigé sous les climats de l'époque actuelle; aussi ont-ils colonisé les fentes humides du sol et les cavernes, dont les conditions d'existence leur permettait de survivre. Le domaine souterrain serait donc pour les Cavernicoles un milieu bien plus « conservateur » que modificateur.

ZOOLOGIE. — *Texture chitineuse fondamentale de la coquille des Foraminifères porcelanés*. Note [1] de M. **Eugène Lacroix**.

En décalcifiant avec précaution le test de divers Foraminifères porcelanés récents (*Miliola*, *Pencroplis*), on met en évidence une très fine membrane, anhiste, transparente, faiblement teintée en jaune dans les parties les plus épaisses, qui reproduit tous les contours extérieurs et le dispositif interne des loges de ces coquilles.

Vue par F. Dujardin (1841), par Carpenter (1862) : pour F. Dujardin, cette membrane est située à la face interne des loges; Carpenter la considère comme *a delicate gelatinous-looking substratum of animal matter*.

La substance dont est composée cette membrane résiste à l'action des acides dilués ou purs (acétique, chlorhydrique, azotique, sulfurique) employés à froid; elle n'est pas attaquée par les alcalis (ammoniaque, potasse ou soude caustique); seuls les hypochlorites (eau de Javel, liqueur de Labarraque) la gonflent et la dissolvent rapidement. Elle n'a pas d'affinité élective pour les colorants usuels, sauf la teinte brune déterminée par l'action successive de la solution iodurée forte et de la solution de chlorure de zinc. Bref, cette membrane se comporte, vis-à-vis des divers réactifs histo-chimiques, comme le font, soit des fragments d'ailes d'insectes, soit des fragments décalcifiés de carapace de crustacés : elle est composée de *chitine*.

La ténuité de cette membrane, dans les spécimens de Foraminifères porcelanés que nous avons pu étudier, ne nous a pas permis de pousser plus loin l'analyse chimique de cette substance chitineuse.

Cette membrane ne représente pas simplement un vernis de la face interne des loges. La preuve en est que, si, avant leur décalcification, on soumet ces coquilles à l'action d'une solution d'hypochlorite, on retrouve cette membrane intacte après leur décalcification. Elle fait donc partie intégrante de la paroi coquillère et représente bien la substance organique qui sert de substratum aux sels calcaires.

---

[1] Séance du 28 mai 1923.

Comme toute substance albuminoïde cette coque chitineuse est altérable. Il ne faut pas s'attendre à la retrouver dans les Foraminifères porcelanés fossiles : il est même indispensable, lorsqu'on la recherche dans les Foraminifères porcelanés récents, de choisir des exemplaires très frais, dont le sarcode ne soit pas mort depuis longtemps. Parmi les Milioles recueillies dans le sable des plages, un grand nombre de spécimens, plus ou moins roulés, sont impropres à cette démonstration, la substance chitineuse ayant déjà disparu par décomposition, sans que rien dans l'aspect extérieur puisse faire soupçonner cette disparition.

La coquille des Foraminifères porcelanés est donc constituée fondamentalement par une membrane chitineuse imprégnée de sels calcaires.

Depuis longtemps on a remarqué que, dans certaines conditions de vie (lacs d'estuaires, eaux saumâtres, etc.), la coquille des Foraminifères porcelanés devient membraneuse et chitineuse, et il est classique de répéter que, dans ce cas, la coquille change de nature. Mes observations montrent qu'il n'en est pas ainsi, la coquille ne change pas de nature, elle s'appauvrit simplement en sels calcaires et se réduit plus ou moins complètment à sa membrane chitineuse fondamentale.

ZOOLOGIE. — *Les cellules interstitielles dans le testicule d'Annélides,* Stylaria *et* Lumbricus. Note de M. **Armand Dehorne**, présentée par M. F. Mesnil.

A l'encontre de *Chætogaster*, chez qui j'ai décrit [1] l'absence de testicule vrai et une disposition curieuse des glandes mâles, très dispersées et formées chacune d'une seule spermatosphère, *Stylaria* présente des sacs testiculaires massifs rappelant ce que l'on voit chez les lombrics.

Ce testicule renferme deux sortes d'éléments : 1° les éléments de la série spermatogénétique; 2° des cellules tout à fait différentes, intercalées entre les nombreuses spermatosphères et qui correspondent, selon moi, à ce que l'on désigne encore aujourd'hui sous le nom de cellules interstitielles du testicule chez les Vertébrés.

Chez *Stylaria*, ces cellules sont libres les unes par rapport aux autres, bien que souvent au contact, et elles forment autour des spermatosphères une sorte de tissus conjonctif très particulier. Leur cytoplasme ne montre jamais

(1) *C. R. Soc. Biol.*, Paris, n° 12, 1923.

d'inclusions graisseuses, mais il présente certains caractères secrétoires qui font qu'on doit les considérer comme glandulaires. Il est en particulier toujours riche en pigment vert émeraude, lequel se présente sous l'aspect de granules, de bâtonnets et aussi de courts tortillons. Tous ces corps figurés ne sont bien conservés que par les fixateurs osmiqués qui respectent les chondriosomes, ce qui semblerait prouver qu'ils ont un substratum mitochondrial; en tous cas, il n'y a pas d'autres chondriosomes dans le cytoplasme.

Un autre caractère important de ces éléments est le suivant. Dès que les premiers spermatozoïdes sont formés, on en trouve à leur intérieur. Plus tard, lorsque la spermatogénèse est en pleine activité, tous, pour ainsi dire, en renferment. Facilement reconnaissables, on les voit entortillés à même le cytoplasme, ou bien enroulés en spirale dans une grosse vacuole digestive qu'ils paraissent distendre à la manière d'un ressort exerçant son effort.

Il se fait ainsi une destruction relativement considérable de spermatozoïdes au cœur même du testicule, et cette destruction dure tant que tous les éléments spermatogénétiques ne sont pas devenus des spermies. Sommes-nous ici en présence d'un phénomène de désharmonie fonctionnelle où l'on verrait des cellules affamées faire leur nourriture des éléments reproducteurs aussitôt formés? Ou bien assistons-nous simplement à l'élimination par voie phagocytaire des spermies mortes ou mal venues? Sans vouloir nier le fait de phagocytose, je ferai remarquer que les spermatozoïdes peuvent fort bien pénétrer dans les cellules spermiophages par leurs propres moyens. J'ai, en effet, trouvé de-ci de-là, dans l'animal, hors de toute poche génitale, des spermatozoïdes égarés, parfaitement reconnaissables.

J'en ai vu dans le syncytium des néphridies antérieures, et ils s'y présentaient pelotonnés aussi au sein d'une grosse vacuole digestive provoquée par leur intrusion. Normalement, les spermatozoïdes achevés restent immobiles, agglutinés; mais il paraît assez plausible que quelques-uns, sollicités chimiquement par les grosses cellules interstitielles voisines, se mobilisent tout à coup et s'enfoncent dans ces dernières. D'ailleurs, il faut noter que des spermatides, même avancées, ne s'y rencontrent jamais, seuls des spermatozoïdes achevés. On trouve aussi à leur intérieur des restes des volumineux cytophores dénudés, déjà en grande partie liquéfiés sous l'action digérante des cellules appliquées sur eux; et pour ces restes, le fait de phagocytose n'est pas douteux.

Quand la spermiogénèse est achevée, le testicule se transforme en un sac gonflé de liquide où flottent les faisceaux de spermatozoïdes. Alors, on ne

voit plus trace des anciennes cellules interstitielles; elles ont éclaté et se sont dissoutes, se comportant en somme comme les cellules interstitielles des Mammifères; ce sont aussi des glandes holocrines. Le liquide des sacs testiculaires est ainsi une solution de leurs substances constituantes; c'est dans ce liquide que les spermatozoïdes en faisceaux vivent jusqu'au moment de l'accouplement.

Chez *Lumbricus*, les faits sont essentiellement les mêmes que chez *Stylaria* et déjà bien connus. Les éléments interstitiels renferment aussi des grains pigmentés, mais ils sont jaunes ou brun clair sur le vivant (« brown corpuscles » de Bloomfield, 1880). La présence de spermatozoïdes à leur intérieur a été signalée par Brasil ([1]), qui y voit une intense résorption phagocytaire exercée, vis-à-vis des spermatozoïdes non employés, par des amibocytes migrateurs préparant la place pour une nouvelle poussée d'éléments reproducteurs. Cette interprétation finaliste ne peut convenir en tout cas pour *Stylaria*, car il n'existe pas d'amibocytes dans ce dernier genre, et, comme je l'ai dit, la destruction de spermies y commence en même temps, pour ainsi dire, que leur production, c'est-à-dire longtemps avant l'accouplement, et les testicules sont toujours des néoformations chez l'animal quand il devient sexué.

Le rôle des éléments que je viens de décrire semble bien être limité à l'activité du seul testicule. Toutefois, même dans ces conditions, il paraît encore complexe et ne s'arrête sûrement pas à la destruction de spermies mortes ou aberrantes. Leur situation intratesticulaire permet de les rapprocher des cellules du Triton ([2]) à l'intérieur desquelles on trouve aussi des spermatozoïdes en voie de résorption, et de celles du Cheval ([3]) qui fabriquent et emmagasinent du pigment.

La nature des cellules interstitielles du testicule, aujourd'hui très discutée, est encore fort loin d'être connue. Le mieux, pour le moment, est de les définir topographiquement, sans songer à les distinguer du point de vue physiologique. Je propose qu'on désigne de ce nom les cellules conjonctives glandulaires qui, quels que soient leur sécrétion et leur comportement, variables forcément d'un type à un autre, forment un enveloppement autour

---

([1]) BRASIL, *La résorption phagocytaire des éléments reproducteurs dans les vésicules séminales de* Lumbricus herculeus (*Comptes rendus*, t. 140, 1905).

([2]) CH. PÉREZ, *Sur un prétendu tissu interstitiel dans les testicules des Batraciens urodèles* (*Comptes rendus*, t. 172, 1921).

([3]) P. BOUIN et ANCEL, *La glande interstitielle du testicule chez le Cheval* (*Arch. zool. expér. et gén.*, t. 3, 1905).

des centres spermiogènes : ces centres pouvant être, soit un canalicule séminipare, soit un cyste d'urodèle, soit même une spermatosphère d'oligochète.

MÉDECINE. — *De l'action des rayons ultraviolets sur les plaies superficielles.* Note [1] de MM. **Maxime Ménard** et **Saidman**, présentée par M. Widal.

La cicatrisation de certaines plaies cutanées, même de très faibles dimensions, ne peut être obtenue à la suite de plusieurs semaines, voire même de plusieurs mois d'un traitement convenablement appliqué.

Quelques auteurs ont déjà signalé l'action bienfaisante des rayons ultraviolets sur ces différentes lésions et en particulier ici même à la date du 15 octobre 1917, MM. Charles Benoist et André Helbronner. Pour notre part nous estimons que ce mode de traitement est actuellement celui qui donne les résultats les plus certains.

C'est pourquoi, désireux de nous en tenir aux résultats expérimentaux, rapportons-nous ici les observations de plusieurs malades porteurs de plaies superficielles.

1° *Madame D...*, 39 *ans.* — Plaie de la région palpébrale de 1^{cm} de diamètre, datant de 1 mois, consécutive à l'ablation d'une tumeur. Guérison en 5 séances. Temps total de l'irradiation, 25 minutes.

2° *Madame S...*, 64 *ans.* — Plaie de la région sous-axillaire datant de 2 mois, après ablation du sein pour cancer, mesurant $8^{cm} \times 2^{cm}$, avec suppuration abondante. Guérison en 14 séances. Irradiation : 2 heures.

3° *Madame L...*, 78 *ans.* — Plaie de la région axillaire ($4^{cm} \times 3^{cm}$). Suppuration abondante qui disparaît dès la septième séance. Guérison en 16 séances. Irradiation : 2 heures 20 minutes.

4° *Mademoiselle D...*, 24 *ans.* — Cicatrice de la paroi abdominale, suite de laparotomie. Cicatrice couverte de croûtes et suppuration depuis six mois. Guérison en 13 séances. Irradiation : 1 heure 30 minutes.

5° *Madame B...*, 30 *ans.* — Deux plaies de jambe avec dermite mesurant chacune environ $1^{cm},5$ sur 1^{cm}, le début remonte à un mois, suite d'une intervention chirurgicale pour ostéite du tibia. Mauvais état général. Diminution de la suppuration dès la quatrième séance. A la vingtième séance la cicatrisation n'est pas obtenue, arrêt du traitement par suite de l'apparition d'un ictère.

6° *Monsieur K...*, 48 *ans.* — Plaie du pied chez un malade déjà traité par l'air chaud. Pied douloureux, suppuration abondante. Disparition des douleurs après la

---

(1) Séance du 28 mai 1923.

deuxième séance, de la suppuration après la septième séance. Le malade quitte l'hôpital a peu près guéri. Irradiation : 40 minutes.

7° *Madame A...*, 36 *ans*. — Fistule et plaie anale ($5^{mm} \times 7^{mm}$) dont le début remonte à deux mois. Douleurs, suppuration intermittente. Guérison en 15 séances. Irradiation : 2 heures 20 minutes.

8° *Madame V...*, 50 *ans*. — Escarre de la fesse datant de un mois, anfractueuse dont la profondeur atteint $3^{cm},5$, la longueur 7^{cm} et la largeur $3^{cm},5$. Suppuration abondante très diminuée dès la quatrième séance. A la huitième, la cavité de la plaie est entièrement comblée et la guérison obtenue en 13 séances. Irradiation : 1 heure 20 minutes.

9° *Madame M...*, 65 *ans*. — Plaie torpide du gros orteil ayant nécessité l'amputation, récidive sur la cicatrice, suppuration abondante. Après neuf séances presque plus de suppuration, plaie presque cicatrisée; la malade est envoyée en convalescence par le chirurgien traitant.

10° *Madame R...*, 43 *ans*. — Amputation de la cuisse, plaie sur la cicatrice ($3^{cm} \times 2^{cm}$), suppuration depuis quatorze mois. Guérison en 8 séances. Irradiation : une heure.

11° *Madame F...*, 32 *ans*. — Amputation de jambe pour tuberculose osseuse. Cicatrice recouverte de croûtes abondantes. Suppuration. Guérison en 6 séances. Irradiation : 45 minutes.

12° *Madame J...*, 46 *ans*. — Plaie ulcéreuse de la jambe à la suite d'un phlegmon ($8^{cm} \times 3^{cm}$), bords de la plaie taillés à pic, fond sanieux, suppuration abondante. Douleurs, grande gêne de la marche. Diminution de la douleur après la deuxième séance, la marche est possible dès la sixième séance. État stationnaire, sans amélioration notable jusqu'à la trente-neuvième séance à la suite de laquelle le traitement est interrompu.

13° *Monsieur C...*, 39 *ans*. — Dermite de la jambe, deux plaies mesurant environ chacune 3^{cm} sur 2^{cm} avec suppuration abondante dont le début remonte à trois semaines. Guérison après 8 séances, soit 30 minutes d'irradiation.

14° *Monsieur B...*, 62 *ans*. — Deux ulcères de jambe datant de 15 ans : l'un mesurant 12^{cm} sur 6^{cm}, l'autre 5^{cm} sur 6^{cm}. Suppuration abondante, dermite intense. Onze séances sans aucune amélioration.

15° *Madame B...*, 28 *ans*. — Plaie consécutive à un grattage pour ostéite du péroné ($7^{cm} \times 3^{cm}$). Suppuration abondante depuis un mois. La plaie diminue de la moitié de son étendue en 7 séances. Arrêt du traitement et la cicatrisation est complète 15 jours après. Irradiation : 40 minutes.

16° *Mademoiselle V...*, 17 *ans*. — Plaie atone du cou-de-pied à bords irréguliers, mesurant 4^{cm} sur 2^{cm} avec suppuration abondante depuis deux mois. Après deux séances, diminution notable de la suppuration. Guérison complète en 16 séances. Irradiation : 2 heures 30 minutes.

17° *Mademoiselle J...*, 21 *ans*. — Dermite de la cuisse avec plaie de 2^{cm} sur 3^{cm} recouverte de croûtes adhérentes, suppuration intermittente dont le début remonte à un mois, suites d'un abcès chaud couvert spontanément. Guérison en six séances. Irradiation : 35 minutes.

Aucun traitement local ou général autre que les rayons ultraviolets n'a été appliqué chez ces différents malades. Les guérisons obtenues nous paraissent dignes d'être signalées puisque sur 17 malades traités, nous avons obtenu 12 guérisons certaines, 3 améliorations (5, 6 et 9) dont les deux dernières peuvent être considérées comme des guérisons, les deux malades n'étant pas venus à nouveau se faire traiter et la première (5me) ayant interrompu le traitement par suite de l'apparition d'un ictère. Nous ne comptons que deux échecs : les malades des observations 12 et 14.

L'utilisation d'une lampe de 1200 bougies nous a paru suffisante non seulement pour les traitements des plaies superficielles, mais encore dans les autres maladies justiciables des rayons ultraviolets. Les résultats obtenus montrent que le temps utile pour la guérison est moindre pour les rayons ultraviolets que pour la cure solaire ordinaire.

La technique est peut-être délicate dans son application mais ne peut être décrite d'une manière absolue. L'état général du malade a une grande influence sur les réactions possibles de la peau. Cette réaction, pour être dosée utilement, ne peut être que le résultat de tâtonnements successifs pour chaque malade en particulier. Il est souvent nécessaire, en effet, d'obtenir un érythème assez intense de la peau pour obtenir la guérison, mais cet érythème n'a aucune conséquence fâcheuse pour le malade si la pratique de ce mode d'irradiation est confiée à un technicien averti.

A 16 heures, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section de Physique, par l'organe de M. Villard, remplaçant le Doyen empêché, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *E. Bouty* :

En première ligne, ex æquo par ordre alphabétique	MM. Charles Fabry, Jean Perrin
En seconde ligne	M. Aimé Cotton
En troisième ligne, ex æquo par ordre alphabétique	MM. Henri Abraham, Paul Langevin, Anatole Leduc

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 18h.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 9 avril 1923.)

Note de M. *E.-O. Lovett*, Sur certaines propriétés fonctionnelles des coniques et leurs généralisations :

Page 977, la dernière formule, *au lieu de* $-a_{r,l,p}$, *lire* $-\frac{1}{2}a_{r,l,p}$.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 11 JUIN 1923.

PRÉSIDENCE DE M. ALBIN HALLER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

HYDROGÉOLOGIE. — *Les bassins artésiens de l'Australie.* Note [1] de M. ÉDOUARD IMBEAUX.

Le régime pluviométrique de l'Australie est très défavorable. Cela tient à ce que les vents (ils sont ici sous la dépendance de l'alizé austral du Sud-Est, mais avec certaines alternances résultant des saisons, en sorte que l'été, par suite de l'échauffement du centre du continent, ils ont une direction centripète, tandis que l'hiver ils sont centrifuges), lorsqu'ils viennent de la mer, épuisent très vite leur humidité sur des chaînes bordières et deviennent desséchants pour l'intérieur : celui-ci, privé d'eau, est un grand désert (*the dead heart of Australia*).

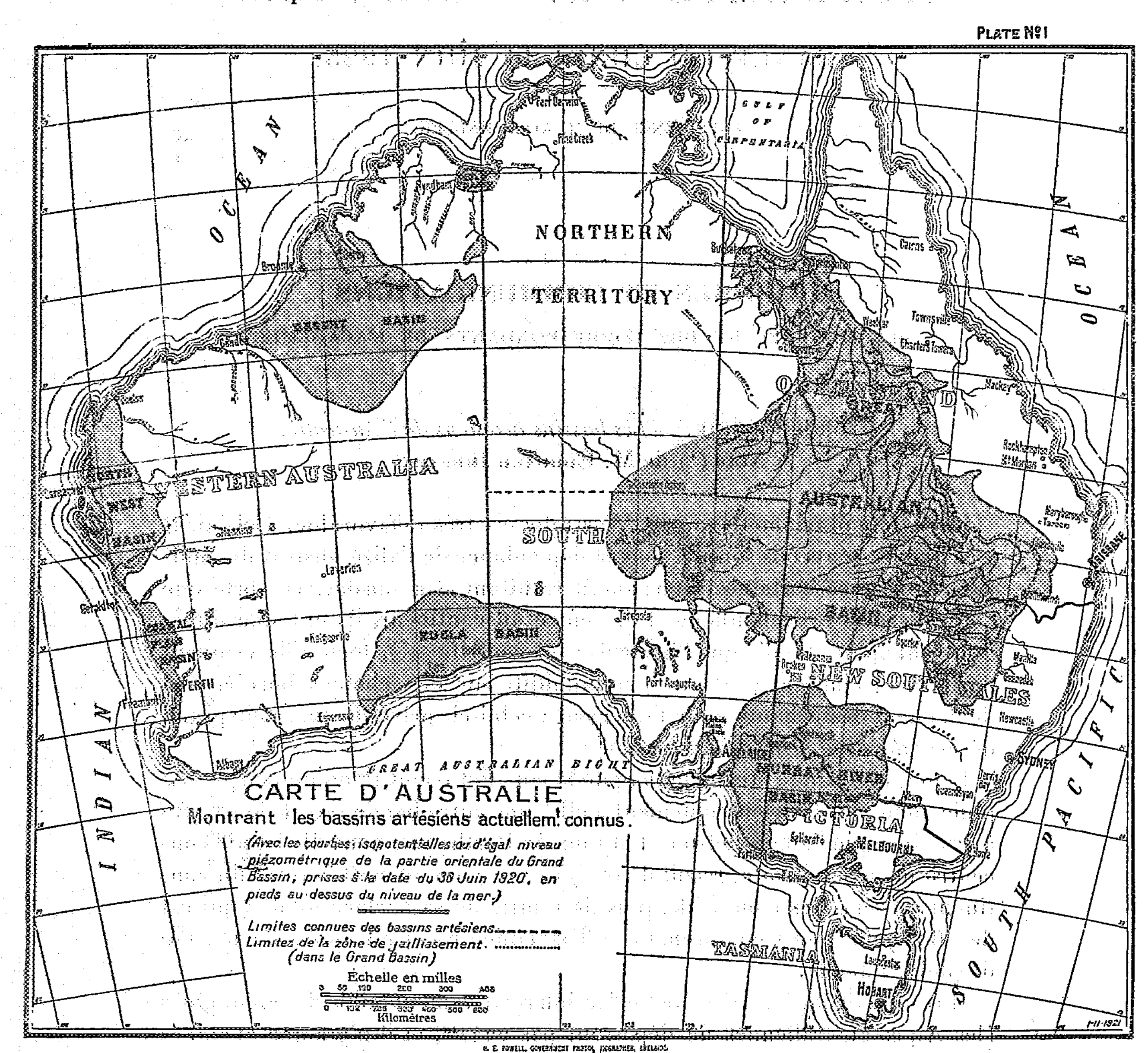
Seule, une bande étroite le long de la côte Est reçoit 1^m ou un peu plus de pluie annuelle. Concentriquement à elle, une autre bande reçoit de $0^m,750$ à 1^m, ainsi que l'angle sud-ouest autour de Perth; une nouvelle bande concentrique, assez étroite, reçoit de $0^m,750$ à $0^m,500$, et tout le reste du continent est semi-aride ou aride, plus de moitié de sa surface totale (qui est de $7\,695\,726^{km^2}$, en y comprenant la Tasmanie) recevant moins de $0^m,250$ de pluie annuelle.

Il résulte de là, ainsi que de l'élévation relativement faible des montagnes (les Alpes australiennes ne dépassent pas 2241^m, et il n'y a que quelques névés), que le réseau fluvial est peu développé et pauvrement alimenté. En dehors du fleuve Murray et de son affluent le Darling, il n'y a que les

---

(1) Séance du 28 mai 1923.

nombreux petits cours d'eau allant à la mer, ou les tronçons innombrables



de rivières (¹) (ce ne sont souvent que des successions de mares) se

(¹) La plus importante de ces rivières paraît être le Cooper's Creek, qui se jette dans le lac Eyre-Nord.

perdant dans les sables ou dans les lacs intérieurs : l'évaporation de plus en plus intense vers le centre désertique passe de $1^m,20$ à Sidney à 3^m ou 4^m (comme au Sahara) et achève de dessécher les thalwegs.

L'impuissance des eaux de surface à satisfaire aux besoins de l'homme et de la culture ne rend que plus importantes la recherche et l'utilisation des eaux souterraines. Aussi le Gouvernement australien se préoccupe-t-il de la question et a-t-il nommé une Commission fédérale des Eaux artésiennes (*Interstate Conference on artesian Water*), qui s'est réunie pour la troisième fois en septembre 1921 à Adelaïde (¹) et a publié un rapport fort intéressant (²) faisant connaître la situation actuelle.

La carte ci-contre fait voir l'emplacement et l'étendue des *bassins artésiens*, c'est-à-dire où l'eau est rencontrée sous pression : dans une bonne partie de ces surfaces (partout où le sol est à un niveau assez bas), l'eau jaillit (*zones de jaillissement*). On a pu déjà établir les limites de la zone de jaillissement dans une très grande partie (Est) du Grand Bassin, ainsi que les *courbes isopotentielles*, c'est-à-dire d'égal niveau piézométrique, tel qu'était ce niveau à la date du 30 juin 1920 (en pieds au-dessus de la mer). On est beaucoup moins avancé pour la plupart des autres bassins.

Tableau des principaux bassins artésiens de l'Australie.

Désignation des bassins.	États où ils sont situés.	Surfaces approximatives (en milles carrés).
Grand Bassin Australien (³)	Queensland (Centre et W)	350150
	New South Wales (NW)	79200
	South Australia (NE) (⁴)	108300
	Northern Territory (SE)	20500
Bassin du Murray River	New South Wales (SW)	51350
	Victoria (NW) (⁵)	38500
	South Australia (SE)	28363

(¹) Les deux premières réunions avaient eu lieu en 1905 et 1914.

(²) Ce rapport m'a été gracieusement adressé par M. le colonel Longley, jadis chef du Service des Eaux de l'armée américaine en France, et actuellement chef du Service hydrologique au *Department of Health* de l'Australie.

(³) Le Grand Bassin aurait ainsi une surface totale de 558150 milles carrés (1445050^{km^2}), soit près de trois fois la France.

(⁴) Il y a aussi dans l'État de South Australia les petits bassins artésiens de Port Pirie (654 milles carrés), Willochra Valley (382 m. c.) et Cowell (704 m. c.) : l'eau de ce dernier est tellement minéralisée que le bassin n'est, pour ainsi dire, pas utilisable.

(⁵) Dans l'État de Victoria, on trouve aussi deux petits bassins, l'un dit de Melbourne (350 m. c.), l'autre de Stratford Sale (850 m. c.).

Tableau des principaux bassins artésiens de l'Australie (suite).

Désignation des bassins.	États où ils sont situés.	Surfaces approximatives (en milles carrés).
Bassin des plaines d'Adélaïde..	South Australia (SE)..........	955
Bassin d'Eucla ([1])............	South Australia (SW).........	17767
	Western Australia (SE).......	56730
Bassin de la plaine côtière.....	Western Australia (SW)......	11400
Bassin du Nord-Ouest.........	» (W)........	42900
Bassin du Désert.............	» (N).........	143700
Bassin du Golfe..............	Western Australia (NE).......	3510
	Northern Territory (NW)......	1800

Les conditions géologiques, qui produisent l'artésianisme, ne sont pas encore bien connues partout; mais pour le Grand Bassin on voit nettement que la nappe aquifère est contenue dans les sables siliceux du Jurassique supérieur, reposant sur les schistes jurassiques inférieurs et affleurant à l'Est et au Sud du bassin pour plonger vers le centre [où se trouve par suite une vaste cuvette ([2])]. Les sables jurassiques sont recouverts par les schistes bleus (d'origine marine), avec minces lits de calcaire intercalés, du Crétacé inférieur : au-dessus de ceux-ci viennent les schistes lignitifères (*lignitic series* ou *Winton beds*) d'eau douce, et ensuite par longues étendues le grès du désert (Crétacé supérieur), et les sables et graviers entremêlés de bancs argileux des terrains récents. Aux eaux qui s'infiltrent par les affleurements (*intake beds*) perméables, s'ajoutent des eaux profondes d'origine plutonique ou plutôt fossile (*eaux juvéniles*), qui remontent par les *cassures ascendantes* et les failles : Gregory avait même pensé que cette origine des eaux artésiennes était de beaucoup la plus importante, mais Richert ([3]) me paraît avoir répondu victorieusement à ses arguments en défendant la théorie de l'infiltration.

Le premier puits artésien en Australie date de 1888 (à Blackall). En 1904, il y en avait 973 dans le Queensland, 101 dans le New South Wales et 38 dans South Australia. En 1914, on en relève 3000 dans toute l'Australie. Enfin le compte rendu de 1921 que j'analyse relève :

([1]) L'eau de ce bassin est souvent trop minéralisée pour être utilisable, et il n'y aurait que 4777 milles carrés (soit un quart) d'utilisables dans l'État de South Australia.

([2]) Pour la partie Nord du Grand Bassin, l'eau souterraine s'écoulerait sous la mer (on voit les courbes isopotentielles s'abaisser vers le golfe de Carpentaria).

([3]) *The subterranean Waters of Australia*, par Gust. Richert (de Stockholm), 1917.

Dans le Queensland, 3874 forages, dont 1254 jaillissants, 1528 où l'on pompe, et les autres en construction (ou abandonnés);

Dans le New South Wales, 552 forages, dont 381 jaillissants, 123 où l'on pompe et 48 sans eau.

Il faut remarquer dans les forages la décroissance du débit et de la pression avec le temps, décroissance qui va elle-même en diminuant, comme si les choses tendraient vers un nouvel équilibre. Ainsi dans le Grand Bassin, on peut admettre que sur le nombre des puits qui ont primitivement jailli, 11 pour 100 ont cessé de jaillir; dans le New South Wales, de 1903 à 1908, le débit des 331 puits jaillissants se réduisait de 5,5 pour 100 par année, tandis que de 1914 à 1921 la réduction n'a plus été que de 3,18 pour 100 annuellement.

La température de l'eau dépend naturellement de la profondeur d'où elle vient; mais on trouve de grandes différences. Ainsi, dans le Queensland, l'augmentation de température de 1° (Fahr.) pour l'eau des forages profonds correspond à des profondeurs qui vont de 104 pieds à 283 pieds $\frac{1}{3}$. Le trouble provient sans doute de ce qu'un forage capte souvent des eaux de différents niveaux ou qu'il en reçoit des proportions très variables par les failles et cassures.

L'eau est souvent tellement minéralisée qu'on ne peut l'utiliser ni pour le bétail, ni pour l'irrigation. La limite pour le bétail serait 1,5 once par gallon, soit $9^g,36$ par litre (des moutons auraient même pu vivre quelques mois avec 3 onces par gallon). On a à peu près délimité les parties des bassins artésiens où l'eau est trop minéralisée : il y aurait intérêt, comme l'a conseillé Richert, tant pour augmenter le débit que pour diminuer la teneur en sels, à faire infiltrer de l'eau de surface, généralement plus douce, dans les nappes profondes.

Enfin la puissance corrosive de l'eau est aussi à considérer, puisque d'elle dépend la conservation des tubages des forages et celle des conduites d'amenée et de distribution. On sait que c'est surtout l'acide carbonique libre qui est la cause de la corrosion : aussi en certaines régions a-t-on étudié la teneur de l'eau en CO^2 et établi des courbes d'égale teneur (de 7 à 1 grain de CO^2 par gallon dans la zone corrosive au nord-ouest de Richmond) [1]. Cette étude du CO^2 libre dans les eaux est à recommander partout, notamment là où des eaux trop douces font craindre l'attaque des

---

[1] La teneur en CO^2 va en décroissant vers l'Ouest, c'est-à-dire en s'éloignant des affleurements.

tuyaux de plomb qui produirait le saturnisme. Dans le Grand Bassin, on a dès lors déterminé d'après l'expérience les zones où la corrosion est à craindre (*corrosive area*).

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Section de Physique générale, en remplacement de M. *E. Bouty*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 61,

M. J. Perrin	obtient	27 suffrages
M. Ch. Fabry	»	22 »
M. A. Cotton	»	10 »
M. H. Abraham	»	1 suffrage
M. A. Leduc	»	1 »

Au second tour de scrutin, le nombre de votants étant 61,

M. J. Perrin	obtient	32 suffrages
M. Ch. Fabry	»	29 »

M. **Jean Perrin**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° E. Barré. *Exposé général du principe de relativité et des théories d'Einstein*. (Présenté par M. M. d'Ocagne.)

2° *Production et condensation de la vapeur*, par E. Sauvage. (Présenté par M. L. Lecornu.)

3° H. Ollivier. *Cours de physique générale*. Tome III : *Mouvements vibratoires. Acoustique. Optique physique. Ondes électromagnétiques. Electro-optique. Effets optiques du mouvement*, 2e édition.

4° T. J. J. See. *Electrodynamic wave-theory of physical forces*. Volume II : *New theory of the Ether*.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les relations algébriques de genre un ou zéro.* Note de M. PAUL MONTEL.

1. Soit

$$f(x, y) = 0 \tag{1}$$

une relation algébrique de genre p et (a_0, b_0) un point ordinaire de la surface de Riemann correspondante. Supposons que les fonctions de la variable complexe z, définies par les éléments

$$x = a_0 + a_1 z + a_2 z^2 + \ldots \qquad (a_1 \neq 0),$$
$$y = b_0 + b_1 z + b_2 z^2 + \ldots$$

soient méromorphes et vérifient la relation (1) lorsque z est à l'intérieur d'un cercle (C) de centre $z = 0$ et de rayon R.

M. Picard a démontré que, lorsque p est supérieur à *un*, il existe un nombre R_0, ne dépendant que de a_0 et de a_1, tel que, si $R > R_0$, l'une au moins des fonctions x et y cesse d'être méromorphe dans le cercle (C) (1).

Si $p = 1$, on sait que l'on peut choisir, pour x et y, des fonctions méromorphes dans le plan sauf à l'infini; si $p = 0$, on peut choisir des fonctions méromorphes dans le plan tout entier, c'est-à-dire des fonctions rationnelles. Dans le cas des genres zéro et un, il sera nécessaire, afin de limiter R, de tenir compte de valeurs exceptionnelles.

Nous dirons que le point (a, b) de la courbe (1) est un point exceptionnel pour le couple de fonctions x, y, s'il n'existe pas, dans le cercle (C) de valeur z pour laquelle $x(z) = a$, $y(z) = b$. Lorsque $p = 1$, nous utiliserons un seul point exceptionnel; pour $p = 0$, nous en utiliserons trois.

2. Si la relation (1) est de genre *un*, on peut énoncer les propositions suivantes :

Il existe un nombre R_0, ne dépendant que de a_0 et de a_1, tel que, si $R > R_0$, les fonctions x et y cessent d'être toutes deux méromorphes ou prennent les valeurs (a, b) dans le cercle (C).

Si l'on se donne un entier fixe h : *il existe un nombre R_h, ne dépendant que*

(1) *Comptes rendus*, t. 154, 15 janvier 1912; *Sur les systèmes de deux fonctions uniformes d'une variable liées par une relation algébrique* (*Bulletin de la Soc. math. de France*, t. 40, 1912, p. 201-205); *Sur les couples de fonctions uniformes d'une variable correspondant aux points d'une courbe algébrique de genre supérieur à l'unité* (*Rendiconti del Circ. Math. di Palermo*, t. 33, 1912).

de a_0 et de a_1, tel que, si $R > R_h$, *les fonctions x et y cessent d'être toutes deux méromorphes ou prennent plus de h fois les valeurs* (a, b) *dans le cercle* (C).

En particulier, faisons l'hypothèse que $x(z)$ ne prenne jamais une valeur fixe que l'on peut toujours supposer être la valeur infinie. Dans ces conditions : *il existe un nombre R'_0, ne dépendant que de a_0 et de a_1, tel que $x(z)$ cesse d'être holomorphe dans le cercle* (C) *de rayon* $R > R'_0$; *il existe un nombre R'_h, ne dépendant que de a_0 et de a_1, tel que $x(z)$ ait plus de h pôles dans le cercle* (C) *de rayon* $R > R'_h$.

Voici une autre application : supposons la fonction $x(z)$ holomorphe dans le cercle (C) et telle que les ordres de multiplicité des zéros de $x - a$, $x - a'$, $x - a''$ soient respectivement divisibles par trois entiers r, r', r'' dont les inverses ont une somme égale à l'unité ; a, a', a'' désignent trois nombres fixes. Il existe alors un nombre R''_0, ne dépendant que de a_0 et de a_1, tel que, lorsque $R > R''_0$, la fonction $x(z)$ cesse d'être holomorphe ou de remplir les conditions énoncées dans le cercle (C) (1).

3. Supposons que la relation (1) soit de genre zéro : il faut alors introduire trois points exceptionnels (a, b), (a', b'), (a'', b'').

Il existe un nombre R_0, ne dépendant que de a_0 et de a_1, tel que, si $R > R_0$, *les fonctions x et y cessent d'être toutes deux méromorphes dans le cercle* (C) *ou prennent dans ce cercle l'un des couples de valeurs* (a, b), (a', b'), (a'', b'').

Il existe un nombre R_h, ne dépendant que de a_0, a_1, ..., a_{2h+1}, tel que si $R > R_h$, *les fonctions x et y cessent d'être toutes deux méromorphes dans le cercle* (C) *ou prennent dans ce cercle plus de h fois l'un au moins des couples de valeurs* (a, b), (a', b'), (a'', b'').

Lorsque la relation (1) est du premier degré en y, nous retombons sur le théorème de M. Landau.

4. Considérons une suite infinie de couples (x_n, y_n) de fonctions de z, méromorphes dans le cercle (C), vérifiant la relation (1) et convergeant en une infinité de points complètement intérieurs à ce cercle (c'est-à-dire ayant au moins un point limite à l'intérieur du cercle).

Lorsque $p > 1$, la suite converge uniformément dans tout domaine complètement intérieur à (C), comme l'a montré M. Picard (2).

---

(1) Le cas où la somme des inverses des entiers r, r', r'' est inférieure à l'unité a fait l'objet de recherches antérieures. Cf. CARATHÉODORY et LANDAU, *Beiträge zur Konvergenz von Funktionenfolgen* (*Sitzungsberichte der K. Pr. Akademie der Wissenschaften*, 1911, p. 587-613). — P. MONTEL, *Sur les familles normales de fonctions analytiques* (*Annales sc. de l'Éc. Norm. supérieure*, 3e série, t. 33, 1916, p. 223-302).

(2) *Loc. cit.*

Lorsque $p = 1$, ce résultat subsiste lorsque les couples (x_n, y_n) admettent un point exceptionnel.

Lorsque $p = 0$, ce résultat subsiste lorsque les couples (x_n, y_n) admettent trois points exceptionnels.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions uniformes de deux variables indépendantes définies par l'inversion d'un système algébrique aux différentielles totales du quatrième ordre.* Note de M. **René Garnier**.

1. Nous traiterons d'abord le problème énoncé dans notre Note du 14 mai en supposant actuellement que F *est une surface elliptique de genre* 0. Il faut commencer par construire du et dv; or cette construction même repose sur notre théorème I d'après lequel les lignes singulières Γ de du et dv sont de genre 1 au plus : il faut donc d'abord définir analytiquement les courbes Γ.

2. Or, rappelons que F possède actuellement un faisceau linéaire de courbes elliptiques K de même module et un faisceau elliptique de courbes C de genre $\varpi \geqq 1$, coupant les K en n points; à ce faisceau est attachée une intégrale de Picard de première espèce, U. Quatre hypothèses sont possibles suivant les propriétés algébriques et arithmétiques de F.

a). Le genre ϖ des courbes C est > 1 : Γ doit être une courbe K.

b). On a $\varpi = 1$: Γ doit être une courbe K ou une courbe C. F coïncide alors avec une des sept surfaces construites par MM. Bagnera et de Franchis, et étudiées aussi par MM. Enriques et Severi. Ces auteurs ont découvert les surfaces précédentes au cours de leurs belles recherches sur les surfaces hyperelliptiques générales; *nous les avons retrouvées en partant uniquement des propriétés qui viennent d'être rappelées;* au préalable nous avons établi pour les surfaces à déterminant *n quelconque* une représentation qui nous paraît être la généralisation la plus simple de celle qui a été donnée par M. Enriques pour n premier; cette extension nous était d'ailleurs nécessaire pour le problème actuel.

c). On a $\varpi = 1$, C et K possèdent une transformée elliptique commune.

d). Mêmes hypothèses que pour *c*; de plus, C et K admettent la multiplication complexe.

Dans les cas *b*), *c*), *d*), x, y, z s'expriment rationnellement en $\wp(\mathrm{U} \mid \omega, \omega')$, $\wp'\mathrm{U}$, $\wp_1\mathrm{V} \equiv \wp(\mathrm{V} \mid \omega_1, \omega'_1)$ et $\wp'_1\mathrm{V}$ (V constant sur K). Dans tous les cas, on a sur Γ $a\mathrm{U} + b = \text{const.}$; pour *b*) on a $ab = 0$; pour *c*) on peut prendre $\omega_1 = m\omega$, $\omega'_1 = n\omega'$ (m, n premiers entre eux), et a et b

sont deux entiers premiers entre eux; pour d), a et b sont des entiers d'un corps quadratique imaginaire.

3. Les courbes Γ une fois représentées, *la construction de du exige la formation d'une intégrale de Picard de troisième espèce f, ayant pour courbes polaires Γ et des courbes* C et K; et comme l'invariant ρ de F est égal à 2, ce problème est toujours possible. Indiquons la construction de f, pour la surface I de MM. Bagnera et de Franchis, et dans le cas c). Soient σ, σ_3 et pU des fonctions elliptiques de périodes ω et $2\omega'$; on prendra

$$x = \frac{\sigma_3 \mathrm{U}}{\sigma \mathrm{U}} p'_1 \mathrm{V}, \qquad y = p' \mathrm{U}, \qquad z = p_1 \mathrm{V} \qquad [\text{avec } p_1 \mathrm{V} \equiv p(\mathrm{V} \mid m\omega, n\omega')];$$

F admet donc la transformation $(\mathrm{U}, \mathrm{V} \mid \mathrm{U} + \omega, -\mathrm{V})$. Soient γ le p. g. c. d. de a et m, et δ celui de a et n; on posera $f = \mathrm{Log}\,\Phi$ avec

$$\Phi(\mathrm{U}, \mathrm{V}) \equiv \frac{\sigma(a\mathrm{U} + b\mathrm{V} + c)\,\sigma(a\mathrm{U} - b\mathrm{V} + a\omega + c)\,\sigma(b\mathrm{V} - \delta\omega')\,\sigma(b\mathrm{V} + a\omega + \delta\omega')}{\sigma(a\mathrm{U} + c)\,\sigma(a\mathrm{U} + a\omega + c)\,\sigma^4 b\mathrm{V}},$$

la fonction σt figurant dans Φ étant $\sigma(t \mid \gamma\omega, \gamma\omega')$; Φ est rationnelle en x, y, z, ses seules lignes de zéros ou de pôles sont Γ et des courbes C ou K.

4. Cela posé, on peut écrire, par exemple,

$$du = \mathrm{WZH}(\mathrm{A}\,d\mathrm{U} + \mathrm{B}\,d\mathrm{V})$$

avec

$$\mathrm{Log\,W} = \alpha \mathrm{U} + \int \varphi(\mathrm{U})\,d\mathrm{U}, \qquad \mathrm{Z} = \prod_{l=1}^{\mathrm{M}} (p_1 \mathrm{V} - c_l)^{h_l}, \qquad \mathrm{H} = \prod_{j=1}^{\mathrm{N}} \Phi_j^{h_j}(\mathrm{U}, \mathrm{V}),$$

A et B étant des polynomes en $p_1 \mathrm{V}$, $p'_1 \mathrm{V}$ dont les coefficients (comme φ) sont elliptiques en U, aux périodes 2ω, $2\omega'$. Comme pour le cylindre elliptique, on *réduit* d'abord du et dv; et, si Log W et l'expression analogue pour dv ne sont pas des combinaisons logarithmiques, *il n'existe qu'une seule forme de système différentiel possible*, qui convient d'ailleurs aux quatre cas a), b), c), d), et où se reflète le caractère abélien de l'équation algébrique qui détermine les n points (C, K). Dans l'hypothèse contraire, le cas a) est inadmissible; x, y et z s'expriment au moyen de la substitution à U et à V de l'une des combinaisons

$$h\,\mathrm{Log}(\mathrm{A}u + \mathrm{B}) \quad \text{et} \quad \mathrm{C}v + \mathrm{D}, \qquad \text{ou} \qquad \mathrm{A}u + \mathrm{B} \quad \text{et} \quad \mathrm{C}v + \mathrm{D}$$

(h, constante convenablement choisie; A, B, C, D, constantes arbitraires).

5. Il reste à traiter le cas où F est *régulière*. Or, d'après une importante proposition de M. Severi, toute intégrale de Picard attachée à F se réduit

à une combinaison algébrico-logarithmique [1]; et d'après notre théorème I, les résidus de toute courbe logarithmique des exposants de du et dv doivent être rationnels. Dès lors, *on peut former une transformation rationnelle qui ramène le problème actuel à un problème du deuxième ordre* [2], A_2 (pour une transformée rationnelle de F). On en déduit que F est une surface rationnelle ou l'une des trois surfaces de genre 0 et de bigenre 1 obtenues par MM. Bagnera et de Franchis, ou enfin une surface à plurigenres tous égaux à 1 et représentant une involution cyclique d'ordres 2, 3, 4, 6 ou 8 sur une surface de Picard ; x, y, z se ramènent aux fonctions $\mathfrak{F}$ d'une ou de deux variables.

16. Terminons en indiquant brièvement les résultats que nous avons obtenus dans le cas où *les exposants* I *et* J *de* du *et* dv *contiennent des différentielles de Picard de deuxième espèce : c'est le cas le plus général possible* : et contrairement à ce qui a lieu pour le problème B_1 à une variable, *cette circonstance peut se présenter effectivement*, comme le montrent des exemples très simples. Or nous avons réussi à établir que *les cinq théorèmes généraux de notre Note du* 28 *mai continuent à rester valables* : en particulier, on a $p_g \leq 1$ et le théorème de M. Picard se trouve ainsi établi sans restriction d'aucune sorte. De plus, pour $p_g = 1$, du et dv ne sauraient présenter aucune singularité essentielle en x, y, z : *les systèmes que nous avons indiqués pour* $p_g = 1$ *restent donc les seuls admissibles lorsqu'on ne fait aucune hypothèse sur* du *et* dv.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la sommabilité de Cesàro pour la série double de Fourier*. Note [3] de M. **Charles N. Moore**, présentée par M. Henri Lebesgue.

Le développement d'une fonction de deux variables en série double de Fourier peut s'écrire de la façon suivante :

$$\sum_{1,1}^{\infty,\infty} \frac{1}{2^{E\left(\frac{1}{m}\right)+E\left(\frac{1}{n}\right)}\pi^2} \int_{-\pi}^{\pi}\int_{-\pi}^{\pi} f(\theta, \varphi)\cos[(m-1)(\theta-x)]\cos[(n-1)(\varphi-y)]\,d\theta\,d\varphi,$$

---

(1) Voir aussi pour une autre démonstration de ce théorème le Mémoire de M. E. Picard : *Sur la nature algébrico-logarithmique des intégrales de différentielles totales relatives aux surfaces algébriques régulières* (*Annales de l'École Normale supérieure*, 3e série, t. 33, 1916).

(2) Voir *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1364.

(3) Séance du 4 juin 1923.

où $E(z)$ représente le plus grand entier qui ne surpasse pas z. Quoique la série simple de Fourier a été étudiée à fond, on connaît relativement peu la série double. Quant aux faits déjà connus, quelques-uns des résultats sont tout à fait analogues à ceux qu'on a trouvés pour la série simple; d'autres présentent des traits nouveaux qu'on ne pourrait guère anticiper avant des recherches.

Dans le domaine particulier de la sommabilité de la série double, les recherches antérieures ont démontré que la série se comporte aux points de continuité de la fonction à peu près de la même façon que la série simple. Aux points de discontinuité qui se trouvent sur une ligne ou sur une courbe de discontinuité, telle que la fonction tende vers une limite définie quand nous nous approchons du point d'un côté ou de l'autre de la ligne ou de la courbe, les résultats montrent des complications qui ne se rencontrent pas dans l'étude de la série simple ([1]).

Alors si nous considérons des fonctions qui n'ont ni des points de continuité ni des points de discontinuité du type que nous venons de caractériser, mais qui ont quand même une intégrale au sens de M. Lebesgue et conséquemment un développement en série de Fourier, on a le droit de se demander si le résultat fondamental de M. Lebesgue à l'égard de la série simple de Fourier subsiste, c'est-à-dire si le développement est sommable (C 1) presque partout et a la valeur de la fonction

Néanmoins, j'ai démontré que c'est le cas, et ce résultat peut s'expliquer de la façon suivante. C'est aux points de discontinuité où il y a un saut brusque, que la série double montre les complications dont nous avons parlé antérieurement. Il y aura au plus un ensemble de mesure nulle de tels points, et alors la série double peut se comporter *en général* d'une façon analogue à celle de la série simple.

Puisque existe l'analogue du théorème de M. Lebesgue pour le cas de la série double, on est naturellement conduit à supposer l'existence du théorème correspondant à celui de M. G. Hardy, où l'indice *un* de sommabilité est remplacé par un indice ρ qui est un nombre positif quelconque. J'ai vérifié l'exactitude de cette supposition en démontrant que la série double de Fourier correspondant à une fonction intégrable (L), est sommable (C, ρ, δ), ρ et δ étant deux nombres positifs quelconques, presque partout, et a la valeur de la fonction développée. En particulier, la série sera som-

---

([1]) Voir *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 126; aussi *Math. Annalen*, t. 74, 1913, p. 555.

mable (C, ρ, δ) en chaque point de continuité de la fonction développée. Ce cas spécial de notre théorème est une généralisation des résultats antérieurs relatifs à la sommabilité de la série double aux points de continuité. Car nous avons réussi à abaisser les indices de sommabilité et à généraliser les conditions relatives à la fonction développée.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Le problème général de la statistique discontinue.* Note de M. **Louis Bachelier**, présentée par M. d'Ocagne.

Les problèmes relatifs à la statistique discontinue peuvent être résolus d'une façon générale par les formules que j'ai fait connaître dans mes études antérieures [1].

Par exemple, les formules de Bienaymé, de Dormoy et de Lexis peuvent être généralisées comme tout autre procédé conduisant à un criterium pour la stabilité des séries statistiques.

On peut d'abord résoudre le problème suivant : A chaque épreuve, n événements, $A_1, A_2, \ldots, A_n$ peuvent se produire et s'excluent mutuellement de telle façon, qu'à chaque épreuve, il s'en produit un et un seul. On a fait un très grand nombre μ d'épreuves et il s'agit de reconnaître si les probabilités de ces événements ont été constantes pendant le cours de ces épreuves.

On divise les μ épreuves en σ groupes de $s = \frac{\mu}{\sigma}$ épreuves, s et σ étant de grands nombres. Si les événements $A_1, A_2, \ldots, A_n$ se sont produits respectivement chacun $m_1, m_2, \ldots, m_n$ fois dans les μ épreuves, les probabilités observées de ces événements sont $p_1 = \frac{m_1}{\mu}$, $p_2 = \frac{m_2}{\mu}$, $\ldots$, $p_n = \frac{m_n}{\mu}$. La constance étant supposée, on peut considérer ces valeurs comme exactes.

La probabilité pour que, dans le premier groupe de s épreuves, l'événement A_1 se soit produit $(sp_1 + x_1)$ fois ; l'événement A_2, $(sp_2 + x_2)$ fois, ... ; l'événement A_n, $(sp_n + x_n)$ fois, ou encore, la probabilité pour que les écarts soient $x_1, x_2, \ldots, x_n$ $(x_1 + x_2 + \ldots + x_n = 0)$ est donnée par la formule du n° 398 de mon *Traité du calcul des probabilités*, cette probabilité est

$$\frac{e^{-\frac{1}{2s}\left[\frac{x_1^2}{p_1} + \frac{x_2^2}{p_2} + \ldots + \frac{x_{n-1}^2}{p_{n-1}} + \frac{x_n^2}{p_n}\right]}}{(\sqrt{2\pi})^{n-1} s^{\frac{n-1}{2}} \sqrt{p_1 p_2 \ldots p_{n-1} p_n}} dx_1 \, dx_2 \ldots dx_{n-1}.$$

[1] Insérées notamment dans les *Comptes rendus* en 1908 et 1913.

Cette probabilité est la même pour tous les systèmes de valeurs de x_1, x_2, ..., x_n pour lesquels

$$(1) \qquad \frac{x_1^2}{p_1} + \frac{x_2^2}{p_2} + \ldots + \frac{x_{n-1}^2}{p_{n-1}} + \frac{x_n^2}{p_n} = u,$$

u étant une constante. Si l'on considère u comme une variable, sa valeur moyenne, $M(u)$, est

$$M(u) = \frac{M(x_1^2)}{p_1} + \ldots + \frac{M(x_n^2)}{p_n} = \frac{s p_1(1-p_1)}{p_1} + \ldots + \frac{s p_n(1-p_n)}{p_n} = s(n-1).$$

Faisant la somme de toutes les égalités analogues pour les σ groupes, on obtient

$$\frac{\Sigma M(x_1^2)}{p_1} + \ldots + \frac{\Sigma M(x_n^2)}{p_n} = s\sigma(n-1) = \mu(n-1).$$

De cette égalité résulte la règle pratique suivante pour reconnaître la constance d'ensemble des probabilités, c'est-à-dire la stabilité de la série statistique. On calcule, d'après les nombres obtenus, les probabilités p_1, p_2, ..., p_n; on en déduit les écarts x_1, x_2, ..., x_n relatifs au premier groupe de s épreuves; les écarts x'_1, x'_2, ..., x'_n relatifs au second groupe de s épreuves, etc. On forme la quantité

$$\frac{\Sigma x_1^2}{p_1} + \frac{\Sigma x_2^2}{p_2} + \ldots + \frac{\Sigma x_n^2}{p_n} \qquad \text{où} \qquad \Sigma x_1^2 = x_1^2 + x'^2_1 + \ldots,$$

et si le rapport de cette somme à $\mu(n-1)$ diffère beaucoup de l'unité, on en conclut que les probabilités ont varié pendant le cours des épreuves.

On peut nommer coefficient de divergence, la quantité Q définie par l'égalité

$$Q^2 = \frac{1}{\mu(n-1)}\left[\frac{\Sigma x_1^2}{p_1} + \frac{\Sigma x_2^2}{p_2} + \ldots + \frac{\Sigma x_{n-1}^2}{p_{n-1}} + \frac{\Sigma x_n^2}{p_n}\right].$$

Si les probabilités sont constantes pendant le cours des μ épreuves, s et σ étant de grands nombres, cette quantité Q est voisine de un. Si donc les observations donnent pour Q une valeur très différente de un, les probabilités ont varié dans le cours des épreuves, mais si Q est voisin de un, il est utile de reconnaître entre quelles limites peut varier cette quantité pour que l'uniformité soit admissible; il faut calculer la probabilité pour que Q^2 soit égal à $1 + \varepsilon$.

La probabilité pour que, dans un groupe de s épreuves, le premier membre de la formule (1) ait une valeur donnée, u est exprimée par la

formule

$$\frac{u^{\frac{n-3}{2}} e^{-\frac{u}{2s}}}{(2s)^{\frac{n-1}{2}} \Gamma\left(\frac{n-1}{2}\right)} du.$$

La probabilité pour que, pour σ groupes analogues de s épreuves ($s\sigma = \mu$), la somme $u_1 + u_2 + \ldots + u_\sigma$ ait une valeur donnée w, est

$$\frac{w^{\frac{(n-1)\sigma-2}{2}} e^{-\frac{w}{2s}}}{(\sqrt{2s})^{(n-1)\sigma} \Gamma\left[\frac{(n-1)\sigma}{2}\right]} dw.$$

Si σ est un grand nombre, cette formule peut être remplacée par la suivante :

$$\frac{e^{-\frac{[w-(n-1)\sigma s]^2}{4(n-1)\sigma s^2}}}{\sqrt{\pi}\sqrt{4(n-1)\sigma s^2}} dw,$$

qui aurait pu être obtenue directement. D'après l'égalité

$$Q^2 = \frac{\Sigma u}{\mu(n-1)} = \frac{w}{\mu(n-1)},$$

la probabilité pour que Q^2 ait pour valeur $(1+\varepsilon)$ est

$$\frac{\sqrt{(n-1)\sigma}}{2\sqrt{\pi}} e^{-\frac{(n-1)\sigma}{4}\varepsilon^2} d\varepsilon.$$

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Solutions simplifiées de problèmes de Laplace sur la probabilité des causes.* Note de M. **Stanislas Millot**, présentée par M. d'Ocagne.

I. Les procédés employés par Laplace, pour résoudre divers problèmes relatifs aux naissances, étaient très laborieux (logarithmes à 12 décimales multipliés par de grands nombres, séries dont il fallait vérifier la convergence, etc.) et, bien que des problèmes du même genre se soient posés journellement à notre époque aux expérimentateurs, les procédés de Laplace sont restés sans utilité pratique.

Après avoir cherché des moyens plus simples pour obtenir un critérium de la valeur probante de certaines expériences, je viens de découvrir que, par une extension élémentaire de mes formules, on peut arriver à cette valeur probante elle-même, que Laplace se proposait de calculer.

II. *Zone de probabilité* a posteriori. — Sans insister sur des détails déjà donnés ([1]), nous dirons que si, en m épreuves, dans chacune desquelles la probabilité inconnue d'arrivée d'un événement A est p, cet événement s'est produit r fois, les nombres m et r caractérisent une *zone de probabilité a posteriori* qui, graphiquement, dans un système de coordonnées rectangulaires t et z, est l'espace compris entre les deux branches de la courbe

$$z^2(m+2t^2)-2z(r+t^2)+\frac{r^2}{m}=0. \tag{1}$$

Pour une valeur particulière de t, l'équation (1) donne deux valeurs limites z_1 et z_2 de p, l'une inférieure, l'autre supérieure à $\frac{r}{m}$, et ces deux valeurs sont également vraisemblables. Il en résulte que, si l'on fait grandir t de t à t', les valeurs nouvelles de z supérieures à $\frac{r}{m}$ auront, comme le groupe de celles inférieures à $\frac{r}{m}$, pour degré total de certitude

$$\frac{1}{2}[\Theta(t')-\Theta(t)].$$

III. *Comparaison d'une zone de probabilité* a posteriori *et d'une probabilité fixe donnée.* — Soit Z une probabilité fixe. La droite $z=Z$ commence à pénétrer dans la zone de probabilité définie par m et r en un point dont l'abscisse T a pour valeur

$$T=\text{valeur absolue}\ \frac{mZ-r}{\sqrt{2mZ(1-Z)}}. \tag{2}$$

Quand $Z=\frac{1}{2}$, elle se réduit à

$$T=\text{valeur absolue}\ \frac{m-2r}{\sqrt{2m}}. \tag{3}$$

Mais, quelle que soit la valeur de Z, le degré de certitude P que la probabilité p est, par rapport à Z, *du même côté* que $\frac{r}{m}$, se compose : 1° de $\Theta(T)$ pour toute la partie comprise entre 0 et T; 2° de la *moitié* de $[1-\Theta(T)]$, en vertu de la remarque du paragraphe précédent, l'autre moitié allant à des probabilités situées de l'autre côté de Z. C'est donc

$$P=\Theta(T)+\frac{1}{2}[1-\Theta(T)]=\frac{1}{2}[1+\Theta(T)]. \tag{4}$$

([1]) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 564 et 1126.

Le degré de certitude du contraire est

$$(1-P) = \frac{1}{2}[1-\Theta(T)]. \tag{5}$$

Exemples d'application des formules (3) *et* (4). — α. Naissances à Paris (26 années) : $m = 493472$, $r = 251527$ garçons; nous trouvons $T = 9,645$, d'où $P = 1-(0,1)^{41} \times 0,1145$, et Laplace donne (1) $P = 1-(0,1)^{41} \times 0,1146$ (résultat explicité).

β. Paris (40 années) : $m = 770941$; $r = 393386$; nous trouvons $P = 1-(0,1)^{72} \times 0,554$ et Laplace (2) $P = 1-(0,1)^{72} \times 0,559$ (résultat explicité).

Dans ces deux cas, $\Theta(T)$ a été calculé à l'aide des quatre premiers termes du développement en série connu.

γ. Naissances à Vitteaux : $m = 415$; $r = 203$ garçons; nous trouvons, comme Laplace (3) un degré de certitude $P = 0,67$ que la naissance d'un garçon est moins probable que celle d'une fille.

Exemple d'application des formules (2) *et* (4). — La proportion des naissances à Paris ($m = 493472$; $r = 251527$) étant plus faible pour les garçons que dans l'ensemble de la France $\left(Z = \frac{22}{43}\right)$, quel est le degré de certitude que cela est dû à une cause particulière? Nous trouvons $P = 0,992$ et Laplace $\frac{238}{239} = 0,996$ (4).

IV. *Comparaison de deux zones de probabilité* a posteriori. — Si l'on suppose que la probabilité p a été différente dans deux séries d'épreuves, on compare les zones de probabilité (m, r) et (m', r').

Au point où elles commencent à empiéter l'une sur l'autre, on a

$$Z = \frac{1}{m-m'}\left[(r-r') \pm \left(r\sqrt{\frac{m'}{m}} - r'\sqrt{\frac{m}{m'}}\right)\right]. \tag{6}$$

On doit choisir le signe — dans les exemples de Laplace pour que Z soit intermédiaire entre $\frac{r}{m}$ et $\frac{r'}{m'}$.

On est alors ramené au cas précédent et la solution est donnée par les formules (2) et (4) appliquées à l'une quelconque des zones de probabilité.

(1) *Œuvres complètes*, t. **10**, p. 316 et suiv.
(2) *Ibid.*, t. **7**, 2e Partie, p. 387.
(3) *Ibid.*, t. **7**, 2e Partie, p. 388, et t. **10**, p. 319.
(4) *Ibid.*, t. **14**, p. 165, et t. **7**, 1re Partie, p. LII.

La valeur trouvée pour P est le degré de certitude que les probabilités réelles dans les deux séries se classent dans le même ordre que les probabilités apparentes $\frac{r}{m}$ et $\frac{r'}{m'}$.

Si l'on trouve pénible le calcul de la formule (6), on peut choisir arbitrairement une valeur de Z, comprise entre $\frac{r}{m}$ et $\frac{r'}{m'}$, et la comparer aux deux zones. On obtient ainsi deux valeurs de P, entre lesquelles est comprise la valeur réelle de P.

Notre méthode de comparaison avec $\frac{1}{2}$ se justifie ainsi [1].

Les formules (6), (2) et (4), appliquées aux problèmes de Laplace, ont montré un désaccord notable :

1° Comparaison entre les naissances de Londres et Paris (40 années) : $P = 0,999394$ au lieu de $P = 0,999997$ (t. 7, 2ᵉ Partie, p. 391).

2° Entre Londres et Paris (26 années) : $P = 0,999556$ au lieu de $P = 0,999998$ (t. 9, p. 466, et t. 10, p. 323).

3° Entre le royaume de Naples et Paris (26 années) : $P = 0,96$ au lieu de $P = 0,99$ (t. 10, p. 325).

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Équilibre de l'électricité sur une surface cylindrique.* Note de M. B. **Hostinský**, présentée par M. Hadamard.

L'équilibre de l'électricité sur une surface qui diffère très peu d'une sphère a été étudié par Poisson; la densité électrique s'exprime, d'après Poisson, au moyen d'une série de fonctions sphériques.

Le même problème fut résolu par Robin, qui donna une expression de la densité électrique sous la forme d'une intégrale double.

Si l'on compare la formule de Robin à celle de Poisson [voir *Œuvres scientifiques de G. Robin : Physique mathématique*, formule (44), à la page 29, et formule (20), à la page 68], on obtient une équation intégro-différentielle dont la solution s'exprime au moyen des fonctions sphériques.

Des circonstances analogues se présentent dans le cas du potentiel logarithmique. L'étude de l'équilibre de l'électricité sur une surface cylindrique indéfinie qui diffère très peu d'un cylindre circulaire conduit à l'équation

---

(1) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1126.

intégro-différentielle suivante :

$$(1) \qquad \int_0^{2\pi} \frac{g(\beta) - g(\alpha) + g'(\beta)\sin(\alpha - \beta)}{1 - \cos(\alpha - \beta)}\, d\alpha = h(\beta),$$

où $h(\beta)$ désigne une fonction donnée, périodique avec la période 2π, $g(\alpha)$ une fonction inconnue et $g'(\alpha)$ sa dérivée.

Si l'on pose

$$h(\beta) = \sum_{k=1}^{\infty} (A_k \cos k\beta + B_k \sin k\beta),$$

la solution de l'équation (1) *s'exprime par la série*

$$g(\beta) = a_0 + \frac{1}{2\pi} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k} (A_k \cos k\beta + B_k \sin k\beta),$$

a_0 *étant une constante arbitraire.*

Remarquons encore que, si l'on désigne par $F(\alpha, \beta)$ l'expression qui figure sous le signe d'intégration dans le premier membre de (1), on a identiquement

$$\int_0^{2\pi} F(\alpha, \beta)\, d\beta = 0,$$

$g(\beta)$ étant une fonction périodique quelconque avec la période 2π.

Ces propriétés de la fonction $F(\alpha, \beta)$ se rattachent à l'équation de Fredholm dont dépend la solution du problème de Dirichlet et de celui de Neumann. Soient M un point d'une courbe fermée plane (C), N un autre point de la même courbe et NP la normale intérieure au point N. On sait que l'expression

$$(2) \qquad K(M, N) = \frac{1}{\pi} \frac{\cos(MNP)}{\overline{MN}}$$

figure comme noyau dans l'équation intégrale du problème de Dirichlet à deux dimensions.

Soit (C) un cercle de rayon R décrit autour de l'origine comme centre. Si l'on change ce cercle infiniment peu de sorte qu'il se transforme en une courbe fermée et convexe (C'), le noyau (2) et tous les noyaux itérés varient infiniment peu. Désignons par ε une quantité infiniment petite dont nous ne conserverons, dans les formules suivantes, que la première puissance. Soient

$$x\cos\alpha + y\sin\alpha - R\varepsilon \sum_{k=0}^{\infty} (a_k \cos k\alpha + b_k \sin k\alpha) = 0$$

l'équation de la tangente de la courbe (C′) au point M, et α l'angle de la normale extérieure à M avec l'axe Ox. Si β est l'angle de la normale extérieure en N avec le même axe, on a pour n égal à deux ou plus grand que deux

$$(3) \qquad K^{(n)}(M, N) = \frac{1}{2\pi R} + \frac{\varepsilon}{2\pi R^2} \sum_{k=0}^{\infty} (k-1)(a_k \cos k\beta + b_k \sin k\beta);$$

le noyau itéré $K^{(n)}$ d'ordre n est déterminé par la formule

$$K^{(n)}(M, N) = \int_0^{2\pi} K^{(n-1)}(M, P) K(P, N) \frac{ds}{d\gamma} \cdot d\gamma,$$

où γ représente l'angle formé par la normale intérieure d'un point P sur (C′) et par l'axe Ox. Les noyaux itérés $K^{(2)}$, $K^{(3)}$,... sont égaux entre eux à des quantités infiniment petites d'ordre supérieur près et ils ne dépendent pas de la position du point M.

Il en suit que l'expression (3) est proportionnelle à la densité électrique sur une surface cylindrique indéfinie dont la courbe (C′) est la section droite.

Les démonstrations des théorèmes précédents se trouvent dans un travail qui est actuellement sous presse (*Équilibre de l'électricité sur une surface cylindrique;* publications de la Faculté des Sciences de l'Université Masaryk, n° 30).

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Synthèse de la Gravifique.* Note de M. **Th. De Donder**, présentée par M. G. Kœnigs.

1. Nous allons d'abord généraliser les quatre identités de D. Hilbert (¹).

Désignons par $\Phi_\alpha(\alpha = 1, \ldots, 4)$ des fonctions covariantes du premier degré, par u^α des fonctions contrevariantes du premier degré, par $g^{\alpha\beta}(\alpha, \beta = 1, \ldots, 4)$ des fonctions contrevariantes du second degré, par p_α^β un tenseur asymétrique, par σ un multiplicateur (au sens de Jacobi et de Poincaré). Soit $\mathfrak{M}$ une fonction des Φ_α, u^α, $g^{\alpha\beta}$, p_α^β et σ, et de leurs dérivées successives par rapport aux variables indépendantes $x_1, \ldots, x_4$. Représentons par $\mathfrak{M}'$ la même fonction des $\Phi'_\alpha, \ldots, \sigma'$, l'accent indiquant la transformée de ces fonctions par suite d'un changement quelconque des variables indépendantes $x_1, \ldots, x_4$ en $x'_1, \ldots, x'_4$. Supposons enfin que $\mathfrak{M}$ soit un

(¹) *Götting. Nachrichten*, novembre 1915. Voir aussi notre *Gravifique einsteinienne* (*Ann. de l'Obs. R. de Belgique*, ou Gauthier-Villars, 1921), § 7.

multiplicateur, c'est-à-dire qu'on ait

$$\mathfrak{M}' = \mathfrak{M}\,\frac{\partial(x)}{\partial(x')}.$$

Définissons maintenant *les hamiltoniens* (¹) de $\mathfrak{M}$ par les symboles

$$\frac{h\mathfrak{M}}{h\Phi_\alpha} \equiv \frac{\partial\mathfrak{M}}{\partial\Phi_\alpha} - \sum_i \frac{d}{dx_i}\left(\frac{\partial\mathfrak{M}}{\partial\Phi_{\alpha,i}}\right) + \sum_i\sum_j \frac{d^2}{dx_i\,dx_j}\left(\frac{\partial\mathfrak{M}}{\partial\Phi_{\alpha,ij}}\right)\cdots,$$

$$\frac{h\mathfrak{M}}{\partial u^\alpha} \equiv \frac{\partial\mathfrak{M}}{\partial u^\alpha} - \sum_i \frac{d}{dx_i}\left(\frac{\partial\mathfrak{M}}{\partial u^{\alpha,i}}\right) + \sum_i\sum_i \frac{d^2}{dx_i\,dx_j}\left(\frac{\partial\mathfrak{M}}{\partial u^{\alpha,ij}}\right)\cdots,$$

. . . . ,

où $\Phi_{\alpha,i}$, par exemple, représente la dérivée de Φ_α par rapport à x_i.

Grâce à la théorie des transformations infinitésimales de S. Lie, nous obtenons *les quatre identités suivantes :*

$$\text{(I)}\quad \left\{\begin{aligned} &\sum_i \left[-\Phi_{i,\alpha}\frac{h\mathfrak{M}}{h\Phi_i} + \frac{d}{dx_i}\left(\Phi_\alpha\frac{h\mathfrak{M}}{h\Phi_i}\right)\right] \\ &+\sum_i \left[-u^{i,\alpha}\frac{h\mathfrak{M}}{hu^i} - \frac{d}{dx_i}\left(u^i\frac{h\mathfrak{M}}{hu^\alpha}\right)\right] \\ &+\sum_i\sum_j \left[-g^{ij,\alpha}\frac{h\mathfrak{M}}{hg^{ij}} - 2\frac{d}{dx_i}\left(g^{ij}\frac{h\mathfrak{M}}{hg^{\alpha j}}\right)\right] \\ &+\sum_i\sum_j \left[-p_i^{j,\alpha}\frac{h\mathfrak{M}}{hp_i^j} + \frac{d}{dx_i}\left(p_\alpha^j\frac{h\mathfrak{M}}{hp_i^j}{}' - p_j\frac{h\mathfrak{M}}{hp_j^\alpha}\right)\right] + \sigma\frac{d}{dx_\alpha}\left(\frac{h\mathfrak{M}}{h\sigma}\right) \equiv 0 \\ &\qquad\qquad (\alpha = 1, \ldots, 4). \end{aligned}\right.$$

Si le multiplicateur $\mathfrak{M}$ est identique à l'invariant de courbure de Gauss multiplié par $\sqrt{-g}$, on retrouve les quatre identités de Hilbert (²).

2. Passons à la synthèse de la Gravifique. Bornons-nous d'abord au champ gravifique dû aux ultra-électrons (³) et aux électrons et posons

$$\mathfrak{M} \equiv \mathfrak{M}_1 + \mathfrak{M}_2 + \mathfrak{M}_3,$$

où $\mathfrak{M}_1$ est un multiplicateur qui ne dépend que des $g^{\alpha\beta}$ et de leurs dérivées successives;

(¹) Cette expression a été introduite par A.-S. Eddington [*The mathematical Theory of Relativity* (Cambridge, 1923), p. 137].

(²) A.-S. Eddington a considéré le cas où $\mathfrak{M}$ est un invariant *quelconque* des $g_{\alpha\beta}$ et de leurs dérivées, multiplié par $\sqrt{-g}$ (voir son travail sus-mentionné, p. 140). La démonstration de M. Eddington doit être modifiée, car les $\partial_{x\alpha}$ qu'il utilise dans les équations (61.3) et (61.4) sont *identiquement nuls.*

(³) Th. De Donder, *Bull. Ac. R. Belgique* (classe des Sciences), décembre 1922.

où $\mathfrak{M}_2$ est un multiplicateur qui ne dépend que des $g^{\alpha\beta}$, des potentiels Φ_α, des p_α^β et de leurs dérivées successives;

où $\mathfrak{M}_3$ est un multiplicateur qui ne dépend que des $g^{\alpha\beta}$, des vitesses u^α, des potentiels Φ_α, de la densité électrique σ et de leurs dérivées successives.

L'hypothèse fondamentale de la Gravifique revient à écrire :

$$\text{(II)} \qquad \frac{h\mathfrak{M}}{hg^{\alpha\beta}} = 0 \qquad \text{(les dix équations généralisées d'Einstein)};$$

$$\text{(III)} \qquad \frac{h\mathfrak{M}}{h\Phi_\alpha} = 0 \qquad \text{(les quatre équations généralisées de Maxwell)}.$$

Posons

$$\frac{h\mathfrak{M}_1}{hg^{\alpha\beta}} \equiv \mathfrak{T}^g_{\alpha\beta} \qquad \text{et} \qquad \frac{h(\mathfrak{M}_2 + \mathfrak{M}_3)}{hg^{\alpha\beta}} \equiv \mathfrak{T}_{\alpha\beta},$$

où $\mathfrak{T}^g_{\alpha\beta}$ et $\mathfrak{T}_{\alpha\beta}$ sont des fonctions covariantes du second degré, multipliées par un multiplicateur. Alors les 10 équations (II) pourront s'écrire $\mathfrak{T}^g_{\alpha\beta} + \mathfrak{T}_{\alpha\beta} = 0$.

Les identités (I) appliquées à $\mathfrak{M}_1$ fourniront, en vertu de (II), *le théorème du tenseur* $\mathfrak{T}_{\alpha\beta}$:

$$\sum_i \sum_j \left[g^{ij,\alpha} \mathfrak{T}_{ij} + 2 \frac{d}{dx_i} (g^{ij} \mathfrak{T}_{\alpha j}) \right] = 0. \qquad \alpha = 1, \ldots, 4.$$

Les identités (I) appliquées à $(\mathfrak{M}_2 + \mathfrak{M}_3)$ fournissent, en vertu de (II) et de (III), une forme plus commode du théorème précédent; à savoir :

$$\sum_i \left[u^{i,\alpha} \frac{h\mathfrak{M}_3}{hu^i} + \frac{d}{dx_i} \left(u^i \frac{h\mathfrak{M}_3}{hu^\alpha} \right) \right] - \sigma \frac{d}{dx_\alpha} \left(\frac{h\mathfrak{M}_3}{h\sigma} \right)$$
$$= \sum_i \sum_j \left[-p_i^{j,\alpha} \frac{h\mathfrak{M}_2}{hp_i^j} + \frac{d}{dx_i} \left(p_\alpha^j \frac{h\mathfrak{M}_2}{hp_i^j} - p_j^i \frac{h\mathfrak{M}_2}{hp_j^\alpha} \right) \right].$$

Une autre Note sera consacrée à l'étude des valeurs *explicites* de $\mathfrak{M}_1$, de $\mathfrak{M}_2$ et de $\mathfrak{M}_3$.

RADIOACTIVITÉ. — *Radioactivité des sources de quelques stations des Pyrénées (Bagnères-de-Luchon, Vernet, les Escaldes, Thuès) et du Plateau Central (la Bourboule, Royat, Saint-Nectaire, Sail-les-Bains).* Note de M. **Adolphe Lepape**, présentée par M. Charles Moureu.

1. Nous avons caractérisé et dosé l'émanation du radium dans les *gaz spontanés* et dans les *eaux* des sources des stations suivantes : Bagnères-de-

Luchon (altitude : 636^{m}, 9 sources, 3 août-5 septembre 1922) [1]; Vernet-les-Bains (alt. 600^{m}, 10 sources, 12-17 septembre 1922); les Escaldes (alt. 1350^{m}, 5 sources, 19-22 septembre 1922); Thuès-les-Bains (alt. 750^{m}, 2 sources, 13 septembre 1922); situées dans les Pyrénées, et la Bourboule (alt. 850^{m}, 5 sources, 26-29 mars 1923); Royat (alt. 450^{m}, 5 sources, 25-29 septembre 1922); Saint-Nectaire (alt. 675^{m}, 7 sources, 1-4 octobre 1922); Sail-les-Bains (alt. 310^{m}, 1 source, novembre 1919), appartenant à la région du Plateau Central.

Nous avons utilisé pour ces recherches, qui ont eu lieu aux stations mêmes, l'appareil de MM. Chéneveau et Laborde. Le mode opératoire a déjà été décrit [2]; les données brutes des expériences ont subi les corrections dues à la pression et à la nature du mélange gazeux que nous avons fait connaître récemment [3].

2. Voici les résultats de nos mesures, exprimés en millimicrocuries d'émanation du radium présente, à l'émergence, dans 1^{l} normal de gaz spontanés (gaz secs, à 0° et 760^{mm}) ou dans 1^{l} d'eau. Nous y avons joint, pour les sources dont le débit est notable et bien connu, la *puissance radioactive* (A. Brochet), c'est-à-dire la masse de radium (en milligrammes) qui engendre pendant un temps donné la même quantité d'émanation que celle apportée par la source pendant ce temps.

Sources thermales des Pyrénées.

Stations et sources.	T°.	Em. Ra. (10^{-9} curie par litre). Gaz (0°-760^{mm}).	Eau.	Puissance radioactive (mg. Ra.). Gaz.	Eau.
Bagnères-de-Luchon :	o				
Suintements Bosquet n° 6...	28,4	»	33,3	»	»
S. Bordeu n° 1............	43,9	132,5	16,6	»	»
S. Bordeu n° 2............	47,2	107,0	11,5	»	»
S. Saule n° 2..............	53,5	82,5	6,3	»	»
S. Bosquet n° 2............	49,2	55,5	5,7	»	»
S. Pré n° 1................	60,6	76,7	4,85	»	»
S. Ferras Enceinte..........	53,9	28,0	2,8	»	»
S. Richard N^{elle}............	53,1	8,2	0,68	»	»
S. des Étuves..............	57,8	8,6	0,43	»	»

(1) Ces nouvelles études sur Bagnères-de-Luchon complètent celles, beaucoup plus étendues, que nous avons exécutées à cette station en 1920 (*Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 731).

(2) CH. MOUREU et A. LEPAPE, *Ann. des Mines*, mai 1909. — A. LEPAPE, *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 731.

(3) A. LEPAPE, *Comptes rendus*, t. 176, 1922, p. 1613.

Stations et sources.	T°.	Em. Ra. (10⁻⁹ curie par litre). Gaz (0°-760mm).	Eau.	Puissance radioactive (mg. Ra.). Gaz.	Eau.
Vernet-les-Bains :					
S. Providence	37°,6	115,9	15,7	»	17,1
S. Ursule	41,0	»	12,4	»	7,0
S. Chemin de Casteil	39,7	»	10,35	»	»
S. Doña Amelia	34,5	»	10,15	»	»
S. Vaporarium	52,2	48,15	5,55	»	»
S. Elisa	28,7	»	5,0	»	0,06
S. du Parc	60,0	54,7	4,75	0,46	1,90
S. Barrera	49,5	»	2,90	»	»
S. Santé	36,8	»	2,70	»	»
S. Comtesse	15,3	»	0,78	»	»
Les Escalades :					
S. Pastural	27,3	»	3,50	»	»
S. Colomer	42,0	21,5	2,60	»	7,3
S. de Dorres	40,5	7,9	0,98	»	»
S. de la Cazette	33,3	5,4	0,80	»	»
S. Saint-Joseph	17,5	»	0,55	»	»
Thuès-les-Bains :					
S. Bassin Carré	73,5	17,7	1,04	»	3,0
S. de la Voûte	71,2	»	1,02	»	»
Sources thermales du Plateau Central.					
La Bourboule :					
S. Choussy [1]	54°,8	161,4	20,5	69,8	68,8
S. Clémence	12	3,8	1,61	»	»
S. Fenestre n° 1	16,1	»	0,71	»	»
S. Fenestre n° 2	16,1	»	0,78	»	»
S. Croizat	38,4	3,1	0,57	»	0,68
Royat :					
S. Saint-Victor	21,2	35,2	15,35	»	0,98
S. Saint-Mart	28,8	49,7	14,5	»	18,1
S. Eugénie	33,4	3,2	0,40	26,8	3,2
S. César	27,2	1,6	0,37	»	0,07
S. Velléda	froide	»	0,88	»	1,17
Sail-les-Bains : S. du Hamel	34	50,2	11,5	»	13,8
Saint-Nectaire :					
S. Rouge	21,3	2,2	0,54	»	»
S. du Parc	25,7	»	0,42	»	»
S. Papon n° 1	43,2	»	0,34	»	»
S. Mont Cornadore	36,5	1,85	0,16	«	»
S. Gros Bouillon	35,6	»	0,14	»	»
S. Boette	34	1,2	»	»	»
S. Saint-Césaire	39,5	0,7	trace	»	»

[1] Ces résultats sont très voisins de ceux obtenus par M. A. Laborde, en 1908 : gaz, 152; eau, 22,45. Cette source très radioactive paraît donc présenter une constance remarquable.

3. La recherche de l'*émanation du thorium*, effectuée au griffon de quelques-unes de ces sources, par la méthode de l'activité induite, et à l'aide d'un dispositif sensible que nous ferons connaître ultérieurement, n'a jamais révélé plus que des traces de cette émanation et dans peu de sources seulement.

Le dosage du *radium* et du *thorium* dans l'eau de certaines des sources étudiées est en cours d'exécution.

4. Ces nouveaux résultats permettent de classer ainsi les eaux minérales françaises les plus radioactives :

Sources françaises les plus radioactives.

Stations et sources.	T°.	Em. Ra. (10^{-9} curie par litre d'eau, à l'émergence).	Auteurs.
Bagnères-de-Luchon (source Lepape)..	29°,3	41,5	A. Lepape, 1920
Extreys (Haute-Loire)...............	»	34,0	Th. Nogier, 1921
La Bourboule (source Choussy).......	54,8	20,5	A. Lepape, 1923
Vernet (source Providence)..........	37,6	15,5	»
Royat (source Saint-Victor).........	21,2	15,3	»
Plombières (source Lambinet)........	26,8	14,1	A. Brochet, 1910
Grisy (source n° 2).................	froide	13,6	Moureu et Lepape, 1910
La Chaldette........................	32,5	13,15	A. Lepape, 1909
Sail-les-Bains (source du Hamel)......	34	11,5	Moureu et Lepape, 1919
Bussang (source Grande-Salmade)....	13	9,5	A. Laborde, 1908

RADIOACTIVITÉ. — *Relations entre la radioactivité du radium et l'activité des radiations solaires.* Note de M. **Albert Nodon**, présentée par M. Brillouin.

De nouvelles recherches ([1]), faites sur la radioactivité du radium et ses relations avec l'activité solaire, m'ont donné les résultats suivants :

Une plaque radiographique protégée par un écran de plomb percé d'une petite ouverture centrale fut enfermée avec son écran dans un châssis en carton noir dont la surface extérieure portait une petite quantité de sel de radium fixée par un adhésif. L'impression produite sur l'émulsion sensible fut variable suivant le degré de l'activité électromagnétique solaire, et celle des ultraradiations. L'activité solaire, par ciel découvert, augmentait en

([1]) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1061, et t. 175, p. 1680.

même temps que la composante horizontale; toutefois cette activité était susceptible d'importantes variations d'ordre électromagnétique, tandis que les variations d'ordre thermique, étaient faibles. On observa des impressions photogéniques intenses après quelques minutes d'exposition solaire, tandis que dans d'autres circonstances, l'impression photogénique était à peine sensible après plusieurs heures d'exposition solaire. En effectuant pendant des périodes d'activité, des essais comparatifs au soleil ainsi que dans une pièce close, on observa que l'action solaire directe était beaucoup plus intense que celle obtenue dans la pièce close ou dans une cave. Des expériences préalables avaient démontré que la plaque photographique ne subissait aucune impression sensible si le châssis était soumis à l'action prolongée des radiations solaires, sans l'interposition préalable de substances radioactives telles que le radium. D'autres expériences démontrèrent également, que l'élévation de température produite par les radiations solaires sur la plaque sensible et sur la substance radioactive interposée, restait sans influence appréciable sur la nature des résultats constatés. La température des châssis photographiques était sensiblement la même pendant les périodes de forte ou de faible activité électromagnétique solaire, tandis que la plaque sensible accusait des différences considérables dans les actions photogéniques.

Des mesures faites avec un électromètre confirmèrent celles obtenues par la photographie. L'action absorbante exercée par diverses substances sur les radiations émises par le radium sous l'action solaire, croît dans l'ordre suivant : celluloïd, aluminium, mica, carton, plomb. Une feuille de celluloïd noir n'exerce qu'une faible absorption sur ces radiations. On constate, d'autre part, que le pouvoir absorbant des mêmes substances, à l'égard des radiations émises par le radium, est du même ordre que celui qu'elles exercent à l'égard des ultraradiations émises par le soleil et par la haute atmosphère. Un bloc de plomb de 25^{mm} d'épaisseur atténue sensiblement l'action des ultraradiations; si, en effet, on expose au soleil pendant une période d'activité deux châssis clos par des fenêtres en celluloïd noir recouvert de radium, et renfermant, tous deux, une plaque sensible, on constate qu'en recouvrant l'un d'eux d'une forte épaisseur de plomb, ce châssis accuse une action sensiblement nulle; tandis que celle du premier est intense. En répétant la même expérience dans une pièce close, l'action derrière le plomb est sensiblement nulle après 24 heures, tandis qu'elle devient apparente après 48 heures. On constate, au contraire, que l'action photogénique est importante sur le châssis non protégé par le plomb. Des

faits analogues furent constatés par les méthodes électrométriques. On observa que des écrans en plomb mince, recouvrant le radium, et exposés au soleil, laissent pénétrer des radiations provoquant, en présence du radium, la décharge de l'électromètre. Cet effet cessait de se manifester sous de fortes épaisseurs de plomb. D'autres essais démontrèrent que les phénomènes précédents cessaient de se manifester en l'absence de substances radioactives, et que leur intensité dépendait du degré de radioactivité de ces substances. On observa également que la température des substances radioactives exposées aux radiations solaires ne subissait, en cours d'expérience, que de faibles variations, hors de proportion avec celles mesurées dans la décharge de l'instrument. En résumé, il paraît résulter de ces recherches, complétant celles obtenues précédemment avec l'uranium, le bismuth et le plomb, que :

1° L'action photogénique et la décharge électrique, qui permettent de mesurer la radioactivité du radium et des autres corps radioactifs, paraissent démontrer que cette radioactivité est soumise à l'influence de radiations (non encore précisées) qui sont émises directement par le soleil et indirectement par la haute atmosphère.

2° L'intensité des ultraradiations est beaucoup plus forte au soleil qu'à l'ombre; elle est plus faible à l'intérieur d'une pièce close et dans une cave; elle est accrue pendant les périodes d'activité solaire correspondant à une composante horizontale élevée; elle croît avec l'élévation du soleil à l'horizon; elle subit des variations parfois rapides et importantes, sans causes apparentes.

3° Le pouvoir absorbant des diverses substances à l'égard des ultraradiations paraît être du même ordre que celui que ces substances exercent à l'égard des rayons gamma; l'absorption la plus forte étant provoquée par les substances à nombre atomique élevé. Sous faible épaisseur, ces substances paraissent absorber les ultraradiations les plus lentes, tandis qu'elles laissent filtrer les radiations plus rapides. Sous forte épaisseur, ces substances ne paraissent laisser filtrer que des radiations à très courtes longueurs d'onde.

Des recherches en préparation auront pour objet de préciser la nature des nouvelles radiations d'origine solaire qui provoquent les phénomènes précédents, et de déterminer si la désintégration atomique doit être entièrement attribuable à l'action de ces radiations; et quel est, enfin, le mécanisme probable de cette désintégration.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la détermination des sels doubles en dissolution par voie ébullioscopique.* Note [1] de MM. **F. Bourion** et **E. Rouyer**, présentée par M. G. Urbain.

Dans une Note précédente [2] nous avons indiqué l'application de la méthode des variations continues, aux phénomènes ébullioscopiques, pour l'étude des sels doubles en dissolution; les couples examinés étaient : iodure de cadmium-iodure de potassium, chlorure de cadmium avec les chlorures de potassium et d'ammonium déjà étudiés par voie cryoscopique, par MM. E. Cornec et G. Urbain.

Mais tandis que nous avions mesuré directement l'élévation ébullioscopique de chaque sel simple à la concentration qu'il possède dans le mélange, ces deux savants calculent l'abaissement cryoscopique δ que produiraient les sels simples s'ils ne se combinaient pas, par la règle des mélanges

$$\delta = \frac{\delta_1 V_1 + \delta_2 V_2}{V_1 + V_2},$$

δ_1 et δ_2 étant les abaissements des solutions de A_1 et de A_2 dont on a mélangé des volumes V_1 et V_2.

MM. Cornec et Urbain justifient notamment l'emploi de la règle des mélanges, par ce fait que l'écart ainsi calculé pour des couples tels que ClK — ClNa formés de sels qui ne se combinent pas, est pratiquement nul. M. Couleru [3] est parvenu récemment aux mêmes conclusions, en examinant des mélanges d'iodures alcalino-terreux.

De notre côté, nous avons observé des écarts ébullioscopiques inférieurs à $\frac{1}{200}$ de l'élévation du mélange quand on les calcule par la règle des mélanges, pour des couples ClK — ClAm, ClK — NO^3K, alors qu'ils sont négatifs et atteignent 10 pour 100, quand on les évalue par les concentrations.

Ce sont là des raisons décisives, pour rejeter cette dernière règle, et adopter celle des mélanges, au moins pour les électrolytes.

Mais, comme les écarts obtenus en déterminant les élévations des sels simples par rapport à un poids d'eau égal à celui contenu dans le mélange,

(1) Séance du 4 juin 1923.

(2) F. Bourion et E. Rouyer, *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 1406.

(3) A. Couleru, *Thèse d'Université*, Strasbourg, 28 avril 1923.

sont plus voisins de ceux que fournit la règle des mélanges, nous avons recherché par voie théorique si l'emploi d'un tel procédé était correct.

L'écart Δ correspondant à la réaction

$$n_1 \underset{C_1}{A_1} + n_2 \underset{C_2}{A_2} \rightleftharpoons \underset{C}{A_1 n_1 A_2 n_2}$$

doit être maximum, en même temps que C.

Or si, pour simplifier, on admet que les trois sels soient normaux (ni associés, ni dissociés) et que les élévations produites par chacun d'eux soient les mêmes que s'ils étaient seuls, en présence du même poids d'eau, on calcule pour C maximum

$$\frac{d\Delta}{dx} = \frac{(n_1 + n_2 - 1)C\left(\frac{M_1}{10 D_1} - \frac{M_2}{10 D_2}\right)}{\left[100 - \frac{(C_1 + n_1 C)M_1}{10 D_1} + \frac{(C_2 + n_2 C)M_2}{10 D_2}\right]^2} \times \frac{dC_1}{dx},$$

où x est le volume pour 100 de l'un des sels avant mélange, M_1 et M_2 les masses moléculaires, D_1 et D_2 les densités des sels dans le mélange. Pour que $\frac{d\Delta}{dx}$ fût nul, il faudrait que

$$\frac{M_1}{D_1} = \frac{M_2}{D_2},$$

c'est-à-dire que les volumes moléculaires de A_1 et de A_2 fussent égaux, circonstance tout à fait exceptionnelle. L'accord approché des deux méthodes s'explique par la petitesse du coefficient de $\frac{dC_1}{dx}$.

Indiquons les écarts calculés par la règle des mélanges appliquée à nos premières expériences confirmées par de nouvelles mesures, en y ajoutant ceux relatifs au couple Cl^2Cd-ClNa non publiés.

Couple I^2Cd-IK (*concentration* 1,5 M).

Vol. IK pour 100	10.	20.	30.	40.	50.	60.	66,6.	70.	80.	90.
Écarts	0,110	0,188	0,290	0,383	0,429	0,484	0,496	0,464	0,349	0,178

Le maximum à 66 caractérise le complexe $[CdI^4]K^2$ trouvé à 0°. Le rapport des écarts cryoscopique et ébullioscopique maximums $\frac{2,140}{0,489} = 4,37$, inférieur à 5,67 indiqué précédemment et un peu supérieur à 3,5, accuse une légère dissociation du complexe par élévation de température.

Couples Cl^2Cd-*chlorures alcalins* (*règle des mélanges*) (2,2 M).

Vol. chlor. alc.......	10.	20	30.	40.	50.	60.	66,6.	70.	80.	90.
Écarts Cl K......	0,115	0,233	0,315	0,380	0,430	0,445	0,441	0,420	0,328	0,183
» Cl Am.....	0,116	0,207	0,300	0,353	0,396	0,421	0,416	0,397	0,330	0,178
» Cl Na......	0,097	0,189	0,242	0,303	0,343	0,360	0,353	0,331	0,261	0,128

Les écarts calculés, en rapportant au poids d'eau du mélange, sont par exemple pour ClK :

Vol. Cl K.	10.	20.	30.	40.	50.	60.	66,6.	70.	80.	90.
Écarts...	0,072	0,159	0,242	0,302	0,363	0,403	0,424	0,409	0,342	0,202

série voisine de la première, avec maximum dans la région de 66. Aux concentrations 3M on a (règle des mélanges) :

Vol. chlorure alcalin.	50.	60.	66,6.	70.
Écarts Cl K	0,761	0,805	0,790	0,758
» Cl Am......	0,684	0,721	0,717	0,689
» Cl Na.......	0,573	0,619	0,604	0,592

Les courbes tracées avec ces données (règle des mélanges) montrent que, pour les 3 sels, le maximum a lieu vers 62 pour 100 de chlorure alcalin alors qu'il avait lieu vers 66 pour 100 par la méthode des concentrations.

Ces résultats examinés séparément caractériseraient la combinaison $2Cl^2Cd$, 3ClM (ClM, chlorure alcalin). Aucune combinaison de ce type n'a été isolée.

Mais si on les rapproche de ceux obtenus par MM. Cornec et Urbain par voie cryoscopique, qui ont observé un maximum vers 53-55, il paraîtra raisonnable de penser que l'on a en solution le mélange des deux sels doubles :

$$Cl^2Cd, ClM \quad \text{et} \quad Cl^2Cd, 2ClM$$

(ce dernier isolé dans le cas du sodium), avec une très forte proportion du premier en dessous de zéro, le second dominant vers 100°, la teneur de celui-ci croissant avec la température; l'équilibre n'est pas déplacé par variation de la concentration; la température s'élevant en même temps, il y a compensation. Par ébullioscopie, comme par cryoscopie, les écarts diminuent dans l'ordre K, Am, Na, en même temps que la netteté des maximums.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le spectre d'arc du celtium.*
Note de M. **Jacques Bardet**, présentée par M. Georges Urbain.

Les travaux de MM. Coster et von Hevesy (1) ayant démontré que le zircon pouvait être avantageusement utilisé comme matière première pour la recherche du celtium (2) j'ai traité une certaine quantité de ce minéral.

Dans ce traitement, je me suis jusqu'à présent servi comme guide uniquement du spectrographe. Le spectre que j'ai observé différant sensiblement de celui qu'ont obtenu MM. Hansen et Werner (3) avec les produits de MM. Coster et von Hevesy, nous le publions ci-après.

Les spectres ont été obtenus au moyen d'un spectrographe de Werlein, sur électrodes de charbon. Les lectures ont porté sur la région comprise entre 2300 et 3500 U. A.

La matière première, outre le celtium, ne contenait que du zirconium et une trace de plomb. Elle provenait d'un traitement de zircons des sables monazités du Brésil.

Spectre d'arc du celtium.

2321,26	ext. faible	2513,20	faible	2662,00	faible
22,55	moyenne	17,00	moy. faible	83,55	faible
23,35	ext. faible	31,14	faible	2705,75	faible
30,45	moyenne	59,30	ext. faible	38,95	moy. faible
35,35	forte	74,00	très faible	61,75	très faible
47,45	très faible	78,35	très faible	66,90	très faible
47,60	très faible	82,66	faible diffuse	73,50	moy. forte
51,15	moyenne	91,54	ext. faible	79,45	faible
80,36	faible	2606,57	moyenne	2813,90	faible
93,45	moy. faible	22,90	moyenne	17,75	ext. faible
2410,30	faible	37,20	à peine visible	20,30	moyenne
17,80	faible	38,95	faible	2822,70	moy. faible
60,60	moyenne	41,64	forte	46,00	ext. faible
64,35	moyenne	47,52	moyenne	49,35	ext. faible
2512,85	faible	57,92	très faible	51,15	à peine visible

(1) D. Coster et G. von Hevesy, *Nature*, janvier 1923, p. 79.

(2) Le celtium a été rigoureusement défini par son spectre de haute fréquence correspondant au numéro atomique 72 (Dauvillier, *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1347; G. Urbain, *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1349).

(3) H. M. Hansen et S. Werner, *Nature*, 10 mars 1923, p. 322.

Spectre d'arc du celtium (suite).

2861,90	moy. forte	2964,95	très faible	3159,95	à peine visible
66,50	moy. forte	76,05	très faible	62,65	ext. faible
87,30	très faible	3000,15	très faible	72,90	très faible
89,68	faible	13,00	moy. faible	76,80	ext. faible
98,20	moyenne	16,90	faible diffuse	80,95	à peine visible
2904,85	faible	18,70	faible diffuse	93,60	très faible
19,65	faible	71,85	à peine visible	94,32	faible
29,75	très faible	73,10	moy. forte	3206,20	à peine visible
29,90	ext. faible	80,85	faible diffuse	53,70	très faible
40,90	moyenne	3108,96	faible	55,30	très faible
50,80	très faible	34,80	très faible	3312,65	à peine visible
54,35	très faible	45,40	ext. faible	31,52	ext. faible
58,05	très faible				

CHIMIE MINÉRALE. — *Recherches sur la constitution des métaphosphates alcalins insolubles.* Note de M. **Paul Pascal**, présentée par M. H. Le Chatelier.

La constitution des métaphosphates est généralement déduite de la composition de leurs sels doubles. Ce mode de classement est d'une sécurité et d'une généralité discutables, et l'on s'est bien gardé de l'appliquer à certains cas où l'analyse impliquerait une condensation extraordinaire de l'acide correspondant. A la faveur de ce principe, le métaphosphate de sodium insoluble, préparé par Graham à partir du phosphate monosodique, se trouve généralement classé parmi les monométaphosphates, sous le prétexte qu'il ne donne pas de sel double, mais seulement un métaphosphate de potassium ou d'ammonium, quand on le traite par un grand excès des chlorures correspondants.

Comme j'ai préparé récemment le sel normal de sodium PO^3Na à partir de l'hexamétaphosphate d'éthyle, il était important de chercher à déterminer la véritable constitution du métaphosphate insoluble de Graham.

Or ce sel, insoluble dans l'eau, se dissout facilement dans les solutions, même étendues, d'un pyrophosphate alcalin. Le phénomène rappelle de façon frappante le passage en solution de la colle ou de la gélatine : chaque grain s'entoure d'une couche de gelée transparente qui diffuse dans le liquide avec lenteur, sans le rendre opalescent.

En partant de phosphate de sodium décinormal, ou mieux d'une solution

tiède plus concentrée que l'on diluera plus tard, on peut, en quelques minutes, constituer une solution contenant plus de 3 pour 100 de métaphosphate « insoluble ». Le liquide est visqueux, il laisse précipiter intégralement le métaphosphate quand on y ajoute un peu d'une solution concentrée d'un sel de sodium, ou quelques gouttes d'acide acétique; la sensibilité aux réactifs précipitants paraît s'accentuer avec le temps.

Avec l'acide acétique, le liquide forme aussitôt un caillot élastique qui se contracte rapidement, comme de la fibrine, en une masse collante. Le coagulum, essoré sur plaque poreuse, débarrassé par le vide de l'acide acétique et de la majeure partie de l'eau, présente l'élasticité du caoutchouc; et chose inattendue, il est devenu soluble dans l'eau, avec laquelle il forme des solutions extraordinairement visqueuses, non précipitables par l'acide acétique, même en présence de pyrophosphate; les réactions des métaphosphates y sont masquées.

Si l'on cherche à reproduire la filiation des phénomènes précédents en fondant au préalable le métaphosphate insoluble dans les mêmes quantités de pyrophosphate de sodium, les solutions obtenues ne sont plus visqueuses, l'acide acétique ne les coagule pas, elles présentent tous les caractères analytiques des métaphosphates.

Le sel insoluble de Graham se comporte donc comme un véritable colloïde dont certaines transformations seraient irréversibles, et l'étude viscosimétrique ou cryoscopique de ses solutions ne fait que confirmer cette impression. Voici, en effet, quelques données relatives à des solutions, toutes décinormales par rapport au pyrophosphate de sodium :

	Concentration en PO^3Na.	Poids moléculaire (¹) apparent.	Viscosité à 15° en C.G.S.
Dissolution directe.......	$\frac{2N}{10}$	$\geqq 506$	1874.10^{-4}
	$\frac{N}{10}$	$\geqq 856$	755.10^{-4}
Dissolution après fusion..	$\frac{N}{10}$	450	$117,3.10^{-4}$
	0	»	$116,6.10^{-4}$

Les solutions pures du précipité donné par l'acide acétique fournissent les chiffres remarquables suivants :

(¹) Déduit de l'abaissement du point de congélation dû à l'addition du colloïde ou du sel.

	Concentration en PO^3Na.	Poids moléculaire apparent.	Viscosité à 17° en C.G.S.
Avant calcination........	$\frac{1,16N}{10}$	> 3610	1,66
Après calcination........	$\frac{1,14N}{10}$	210	109.10^{-4}

On notera que dans les solutions colloïdales préparées avec le sel de Graham le poids moléculaire apparent varie en sens contraire de la dilution, ainsi qu'il arrive souvent pour ces liquides exceptionnels; dans les solutions normales obtenues par fusion préalable, le poids moléculaire apparent est celui des hexamétaphosphates, dont l'existence, en tant que composés définis, a été vérifiée encore directement par l'étude que nous avons faite du métaphosphate d'éthyle.

En résumé, les métaphosphates alcalins insolubles ne sont pas des monométaphosphates, mais ils fournissent un exemple remarquable de colloïdes préparés aux environs de 850°. On doit donc réserver la formule normale des métaphosphates PO^3M aux seuls sels que j'ai obtenus en partant de l'hexamétaphosphate d'éthyle, et l'on considérera comme produits d'absorption bon nombre de polymétaphosphates doubles, préparés par double décomposition à partir des sels alcalins insolubles. L'analyse qui en a été donnée s'accorde d'ailleurs parfois bien mal avec la formule qu'ils ont reçue.

CHIMIE MINÉRALE. — *Influence des sels neutres sur les gels de silice.* Note de M. S. **Glixelli**, présentée par M. G. Urbain.

Sous beaucoup de rapports la silice hydratée peut être considérée comme un mélange d'anhydride silicique et d'eau et on la croit généralement sans action sur les indicateurs. Cependant sa fonction acide se manifeste dans ce fait que ses particules conservent leur charge négative même en présence d'une forte concentration d'ions d'hydrogène (1).

Préparation. — La silice employée était préparée par l'action du silicate de sodium pur cristallisé, sur l'acide azotique. Le gel ainsi obtenu était lavé plusieurs fois avec une solution d'acide azotique, puis avec de l'eau très pure. Les impuretés non volatiles sous l'action de l'acide fluorhydrique constituaient moins de 0,1 pour 100 de la silice anhydre. La réaction colo-

(1) S. Glixelli, *Bull. de l'Acad. des Sc. de Cracovie*, 1917, série A, p. 102.

rimétrique avec la brucine et l'acide sulfurique qui permet dans ces conditions de déceler la présence d'une solution d'acide azotique à $0,5.10^{-5}$ m a donné un résultat négatif.

Le gel de silice en suspension très fine dans l'eau exempte d'acide carbonique à raison de $17^g,68$ de SiO^2 par litre a donné une réaction acide. Pour 20^{cm^3} de cette suspension, on a employé $1^{cm^3},22$ de soude 0,01 *n* pour obtenir une coloration orange avec le rouge de méthyle et $4^{cm^3},4$ pour avoir la coloration rose avec la phtaléine du phénol. Les expériences suivantes ont été faites avec une suspension de silice conservée dans un récipient en verre d'Iéna pendant 6 ans et ayant subi par conséquent des modifications produites par le temps. La concentration de cette silice était de $6^g,05$ de SiO^2 par litre. L'acidité de cette silice était plus faible. Avec le rouge de méthyle, elle donnait une réaction neutre. L'addition d'une solution de chlorure de potassium provoquait un virage au rouge d'autant plus accentué que la concentration du sel était plus forte jusqu'à la nuance correspondant à $P_H < 4,2$. Pour montrer l'augmentation de l'acidité de la silice sous l'influence des sels neutres, j'ai titré 40^{cm^3} de la suspension avec de la soude 0,01 *n* en présence de sels neutres de différentes concentrations. La phtaléine du phénol servait d'indicateur, et la coloration correspondait à environ $P_H = 8,6$. Les données numériques suivantes indiquent la quantité de $NaOH$ 0,01 *n* employée.

	Concentration des sels (en molécules-grammes par litre).				
	0.	0,15.	0,5.	1,5.	2,5.
KCl	$1^{cm^3},5$	$9^{cm^3},2$	13^{cm^3}	$15^{cm^3},5$	
$NaCl$	»	8,0	10,2	12,6	15^{cm^3}
$\frac{1}{2}Na^2SO^4$	»	8,0	9,8		
$\frac{1}{2}CaCl^2$	»	10,6	13	15	

De même en présence de chlorure de potassium de concentration 0,03; 0,5 et 1,5 molécules-grammes par litre, on a employé respectivement 0,1; 0,6 et $1^{cm^3},2$ de $NaOH$ 0,01 *n* pour obtenir la coloration orange avec le rouge de méthyle. Cet effet ne peut pas être attribué à l'action des sels neutres sur les indicateurs, puisqu'il ne se manifeste pas dans les mêmes conditions en l'absence de silice, et que d'ailleurs l'action connue des sels nentres sur la phtaléine du phénol ne fait que diminuer ce même effet.

Donc, en présence des ions mono et bivalents des sels neutres, les propriétés acides de la silice augmentent tout comme celles des solutions

d'anhydride carbonique étudiées par B. Szyszkowski (1) et E. Wilke (2).

L'effet observé peut s'expliquer par l'adsorption des ions OH par les particules de la silice. Au cours de recherches qui seront publiées ultérieurement sur l'adsorption des solutions très diluées d'alcalis par la silice, j'ai constaté une adsorption notable de NaOH, KOH et surtout de $Ca(OH)^2$ et $Ba(OH)^2$ ainsi qu'une forte augmentation de l'adsorption de NaOH en présence de chlorure de potassium. A cette adsorption des ions OH correspond une augmentation de la charge négative des particules colloïdales. L'adsorption des ions OH dans l'eau pure entraîne un accroissement de la concentration des ions hydrogène, laquelle devient plus forte encore si, par l'action des sels neutres, l'adsorption des ions OH augmente. D'autre part, il est intéressant de remarquer que la neutralisation lente d'une solution d'anhydride carbonique est attribuée par L. Pusch (3), et d'autres, à une réaction analogue :

$$CO^2 + OH' \rightarrow CO^3H'.$$

CHIMIE ORGANIQUE. — *Décomposition catalytique des anilides.* Note (4) de M. A. **Mailhe**, transmise par M. Paul Sabatier.

Dans un travail précédent (5) j'ai montré que les formamides des amines phénoliques se décomposent au contact du nickel divisé en donnant de l'oxyde de carbone et l'amine qui est régénérée. Mais, par suite d'une réaction secondaire, il se forme en même temps une urée substituée.

On pouvait se demander si les anilides des amines phénoliques, obtenus avec les acides acétique, propionique, etc., se comporteraient comme les formanilides quant à la première réaction, c'est-à-dire se dédoubleraient en oxyde de carbone et une amine secondaire :

$$C^6H^5NHCOC^nH^{2n+1} = CO + C^6H^5NHC^nH^{2n+1}.$$

Mais il y avait lieu de penser que cette amine secondaire serait instable au contact du nickel et se détruirait en perdant le résidu aliphatique et

(1) *Zeits. für physik. Ch.*, t. 58, 1907, p. 420; t. 73, 1910, p. 269; t. 78, 1912, p. 426.

(2) *Zeits. für anorg. Ch.*, t. 119, 1921, p. 365.

(3) *Zeits. für Elektrochemie*, t. 22, 1916, p. 206.

(4) Séance du 4 mai 1923.

(5) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 35.

régénérant l'amine primaire selon une réaction indiquée par MM. Sabatier et Gaudion [1] :

$$C^6H^5NHC^nH^{2n+1} = C^6H^5NH^2 + C^nH^{2n}.$$

On ne pouvait espérer obtenir en définitive que l'amine primaire. C'est en effet ce que l'expérience a vérifié.

Lorsqu'on dirige lentement les vapeurs *d'acétanilide*, $C^6H^5NHCOCH^3$, sur du nickel divisé chauffé à 400°, on obtient un dégagement permanent de gaz qui bleuit le tournesol, par suite de la formation d'une certaine quantité d'ammoniac. La composition du gaz est la suivante :

CO^2	14 pour 100
CO	36 »
CH^4	3 »
H^2	47 »

On condense en même temps un produit liquide, d'ou l'on isole par rectification, un peu de benzine et une grande quantité d'aniline. Il reste une petite dose d'acétanilide non transformée. Des cristaux de carbonate d'ammoniaque tapissent les parois du vase à condensation.

On voit que les deux réactions prévues se sont formées régulièrement : dédoublement de l'acétanilide en oxyde de carbone et méthylaniline, et destruction de cette dernière avec formation d'aniline. Mais une troisième réaction est intervenue, c'est le dédoublement partiel de l'aniline qui a donné de la benzine et du gaz ammoniac, la benzine s'étant scindée à son tour en hydrogène, carbone et une certaine dose de méthane.

Si l'on prend un nickel neuf très actif pour effectuer la décomposition de l'acétanilide, on ne recueille plus de liquide. Tous les produits sont transformés en gaz permanents, charbon et ammoniaque. Leur composition est la suivante :

CO^2	5 pour 100
CO	20 »
CH^4	25 »
H^2	45 »

J'avais pensé qu'en prenant un catalyseur moins actif que le nickel, il serait possible de limiter ou de supprimer la décomposition de la méthylaniline qui paraît se produire transitoirement lors de la catalyse de l'acétanilide. A cet effet, j'ai essayé d'abord le cuivre précipité, provenant de la

(1) *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 309.

réduction de l'hydrate tétracuivrique. Mais ce catalyseur se comporte comme le nickel à 410°, avec cette seule différence que le dégagement d'ammoniac est insensible.

L'acétanilide se dédouble au contact du cuivre en donnant : 1° un gaz, de composition :

CO^2	19,5 pour 100
CO	13,5 »
H	67 »

2° un liquide dont quelques gouttes passent vers 80°, et la portion principale à 180°-190°, laissant au-dessus un peu d'amide non transformée.

La partie la plus volatile est constituée par de l'acétonitrile provenant de l'hydratation d'un peu d'anilide par des traces d'eau provenant de l'action des gaz réducteurs sur un peu d'oxyde de cuivre. La portion principale est de l'aniline.

Un dépôt de charbon s'est formé sur le cuivre.

L'alumine ne donne pas de meilleurs résultats que le cuivre. L'acétanilide est décomposé en aniline et gaz de composition :

CO^2	18 pour 100
CO	9 »
CH^4	11 »
H^2	62 »

Cette expérience indique qu'à haute température la méthylaniline se décompose au contact d'alumine. Nous l'avons vérifié pour la diméthylaniline qui fournit effectivement à 400° un lent dégagement de gaz, formé de méthane, 70 pour 100, et d'hydrogène, 24 pour 100, et une petite quantité d'aniline.

Après ces expériences, il n'y avait plus d'espoir de limiter la réaction à la formation de la méthylaniline et j'ai examiné la décomposition des homologues supérieurs de l'acétanilide.

Ces anilides ont subi un dédoublement identique à l'acétanilide, soit au contact du cuivre, soit en présence de nickel. Il s'est formé des produits gazeux et l'amine phénolique a été régénérée.

Les gaz ont présenté la composition suivante :

Orthoacétotoluide sur nickel : CO^2, 9 pour 100; CO, 42 pour 100; CH^4, 12 pour 100; H^2, 37 pour 100.

Métaacétotoluide sur cuivre : CO^2, 21 pour 100; CO, 9 pour 100; H^2, 60 pour 100.

Propiotoluide ortho sur nickel : CO^2, 15 pour 100; CO, 26 pour 100; C^nH^{2n}, 5 pour 100; H^2, 54 pour 100.

Dans tous les cas, un dépôt de charbon s'est formé sur le catalyseur, sans que cependant son activité soit complètement détruite.

CHIMIE ORGANIQUE ET BIOLOGIQUE. — *Dérivés xanthylés de l'acide allophanique, de la thiosinamine et de l'allantoïne.* Note de MM. **R. Fosse** et **A. Hieulle**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

I. Comme les éthers carbamiques ([1]), les éthers allophaniques se combinent au xanthydrol avec perte d'eau pour former de nouveaux dérivés :

$$C^2H^5O-CO-NH-H+HO-CH\left\langle\begin{matrix}C^6H^4\\C^6H^4\end{matrix}\right\rangle O$$

$$=H^2O+C^2H^5O-CO-NH-CH\left\langle\begin{matrix}C^6H^4\\C^6H^4\end{matrix}\right\rangle O,$$

$$C^2H^5O-CO-NH-CO-NH-H+HO-CH\left\langle\begin{matrix}C^6H^4\\C^6H^4\end{matrix}\right\rangle O$$

$$=H^2O+C^2H^5O-CO-NH-CO-NH-CH\left\langle\begin{matrix}C^6H^4\\C^6H^4\end{matrix}\right\rangle O.$$

A la solution d'allophanate d'éthyle (1^g) dans l'eau (20^{cm^3}) et l'acide acétique (20^{cm^3}), on ajoute du xanthydrol (2^g), dissous dans l'acide acétique (20^{cm^3}). Des cristaux apparaissent, puis forment une bouillie épaisse, que l'on essore après 12 heures. Par dissolution dans l'alcool méthylique bouillant et refroidissement, de fines et longues aiguilles soyeuses, caractéristiques se déposent, fondant, en tube étroit, aux environs de 230°; l'analyse leur assigne la formule

$$C^2H^5O-CO-NH-CO-NH-CH\left\langle\begin{matrix}C^6H^4\\C^6H^4\end{matrix}\right\rangle O.$$

II. Comme les urées et les thiourées monosubstituées ([2]), la thiosinamine s'unit au xanthydrol pour former de l'eau et un nouveau dérivé

([1]) R. Fosse, *Comptes rendus*, t. 145, 1907, p. 813; *Annales de l'Institut Pasteur* et *Annales de Chimie*, 1916.

([2]) W. Adriani, *Recueil des travaux chimiques des Pays-Bas*, 1915, p. 180-210.

monoxanthylé :

$$R - NH - CS - NH - H + HO - CH\left\langle\begin{matrix} C^6H^4 \\ C^6H^4 \end{matrix}\right\rangle O$$
$$= H^2O + R - NH - CS - NH - CH\left\langle\begin{matrix} C^6H^4 \\ C^6H^4 \end{matrix}\right\rangle O,$$

$$C^3H^5 - NH - CS - NH - H + HO - CH\left\langle\begin{matrix} C^6H^4 \\ C^6H^4 \end{matrix}\right\rangle O$$
$$= H^2O + C^3H^5 - NH - CS - NH - CH\left\langle\begin{matrix} C^6H^4 \\ C^6H^4 \end{matrix}\right\rangle O.$$

La thiosinamine (1^g) en solution dans l'eau (20^{cm^3}) reçoit de l'acide acétique (20^{cm^3}), puis du xanthydrol (2^g) dissous dans l'acide acétique (20^{cm^3}).

La xanthylthiosinamine se précipite presque aussitôt; recristallisée dans l'alcool méthylique, elle se colore en jaune sous l'influence de la chaleur et fond, tube étroit, en se décomposant à des températures qui varient avec la vitesse et la durée du chauffage : 159°, 165° (n. c.).

III. *Action du xanthydrol sur l'allantoïne.* — A la solution chaude d'allantoïne (1^g) dans l'eau (20^{cm^3}), on ajoute de l'acide acétique (20^{cm^3}), puis, après refroidissement, du xanthydrol (2^g) dissous à froid dans l'acide acétique (20^{cm^3}). Les cristaux, qui apparaissent rapidement et forment bientôt une bouillie blanche épaisse, sont essorés, lavés à l'eau et épuisés par l'alcool méthylique à l'ébullition. On obtient ainsi des tablettes losangiques, caractéristiques au microscope, qui se colorent légèrement vers 210° et fondent ensuite à 214°-215° (non corrigé) en un liquide coloré.

Un nouveau dérivé de l'allantoïne a pris naissance, résultant du remplacement d'un atome d'hydrogène du groupement NH^2 par le radical xanthyle

$$O\left\langle\begin{matrix} C^6H^4 \\ C^6H^4 \end{matrix}\right\rangle CH - OH + H - NH - CO - NH - \begin{matrix} CH - NH \\ | \\ CO - NH \end{matrix}\!\!\!\!\!\!\!\!\!\!\!\!\begin{matrix}\searrow \\ \nearrow\end{matrix} CO$$
$$= H^2O + O\left\langle\begin{matrix} C^6H^4 \\ C^6H^4 \end{matrix}\right\rangle CH - NH - CO - NH - \begin{matrix} CH - NH \\ | \\ CO - NH \end{matrix}\!\!\!\!\!\!\!\!\!\!\!\!\begin{matrix}\searrow \\ \nearrow\end{matrix} CO.$$

La xanthyl-allantoïne retient une molécule d'eau qui, stable dans le vide ou à 100°, disparaît lentement à 120°-135°, ainsi que le montrent les analyses suivantes :

Analyses du corps recristallisé deux fois de l'alcool méthylique et séché dans le vide jusqu'à poids constant.

	Trouvé. I.	II.	III.	IV.	V.	Théorie (1).
C pour 100....	57,39	57,39	"	"	"	57,30
H »	5,06	5,01	"	"	"	4,49
N »	"	"	15,55	15,38	15,30	15,73

Analyses du corps maintenu à 120°-135° jusqu'à poids constant.

	Trouvé.	Théorie (2).
C pour 100...............	60,29	60,35
H »	4,7	4,14
N »	16,27	16,56

IV. Les corps que nous venons de faire connaître ont été préparés dans le but de servir de bases à de nouvelles méthodes d'analyses de substances biochimiques.

C'est ainsi que, en appliquant une méthode qui sera ultérieurement décrite, nous avons pu aisément identifier l'allantoïne sous la forme de son dérivé xanthylé :

Soit chez les animaux : urine de *chien* et de *lapin;*

Soit chez les végétaux : jeunes feuilles de *platane.*

On sait que cet uréide, découvert en 1799 par Vauquelin et Buniva dans le liquide amniotique de la vache, a été, ensuite, rencontré dans l'urine de plusieurs animaux (Liebig, Salkowski, Wiechowski, Minkowski, Schittenhelm et Wiener, Underhill et Kleiner, Mendel et Brown, etc.) et aussi dans les végétaux (Schultze et ses élèves, Lippman, Richardson et Crampton, etc.).

---

(1) Théorie pour $O\langle{}^{C^6H^4}_{C^6H^4}\rangle CH-NH-CO-NH-CH-NH\rangle CO + H^2O$ (avec CH lié à $CO-NH$: $\underset{|}{CH}-NH$ / $CO-NH$) ou $C^{17}H^{16}O^5N^4$.

(2) Théorie pour $O\langle{}^{C^6H^4}_{C^6H^4}\rangle CH-NH-CO-NH-CH-NH\rangle CO$ (avec CH lié à $CO-NH$) ou $C^{17}H^{14}O^4N^4$.

GÉOLOGIE. — *Des plissements de « l'Enceinte tassilienne » du Massif central saharien de l'Ahaggar.* Note de M. **Conrad Kilian**, présentée par M. L. Gentil.

I. Les parties nord et nord-est de l'Enceinte tassilienne du Massif central saharien, dont j'ai analysé ici deux parties (1) : la région Tassirt-Iskaouen et l'Immidir, sont ridées suivant une direction subméridienne.

Ces plissements provoquent la projection d'apophyses anticlinales vers le Nord comme celles dont font partie les monts Tisekfa, d'Adrar n' Taserest (Djebel Tanelack), les monts d'Iraouen, les monts d'Aïne-Redjem, d'Idjeran, d Aïne Kahla, d'Hassi el Khenig? de Timerguerden et la crête entre Takcis et ouest de Meraguem.

Cette dernière région anticlinale est prolongée vers le Nord peut-être par les anticlinaux arasés de Beld el Mass, et d'Aïn Cheick-Aïn Chebbi, où le Cristallin semble à nu !?

On distingue, d'une manière générale, quatre régions anticlinales de l'Est à l'Ouest qui groupent ces rides :

Régions de *Tisekfa* entre les deux Isaouan, d'*Amguid* entre l'Isaouan n'Tifernin et les pays d'Abadra, d'*Aïne Redjem*, entre les pays d'Abadra et ceux de l'ouest d'el-Khenig et d'Elouatia, et enfin la région anticlinale de l'ouest de *l'Ahnet-Acedjerad*, entre les pays d'Elouatia et les pays inconnus de l'Ouest.

Ces régions anticlinales provoquent, le long du bord interne de l'Enceinte tassilienne, des avancées du pays cristallin qui donnent une allure festonnée « en guirlandes » à l'Enceinte tassilienne dans ces régions, Nord, Nord-Est et Nord-Ouest.

Les rides et ondulations sont généralement asymétriques. Le pendage du côté Est étant en général plus fort que le pendage du côté Ouest.

Elles ont l'allure de vagues allant vers l'Est (2).

On a parlé, pour certains de ces accidents, de *flexures* des grès, dues à l'existence de failles existant en profondeur dans le socle cristallin.

Je n'ai pas observé dans l'Enceinte tassilienne de flexures typiques de cet ordre, mais reconnu, au contraire, généralement, des ondulations, bombements, rides, etc., très nets.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 825; t. 176, 1923, p. 1240 et 1563.

(2) Je ne sais si cette formule tectonique est applicable à la partie orientale des Tassilis des Azgueurs que je n'ai pas explorée.

Par exemple, à Tidjoubar (ou Aïne Ben Mesis), se trouve un bombement de *grès inférieurs* allongé à peu près N. S très accentué et très caractéristique, qui incite à être très prudent avant d'adopter l'hypothèse de la formation des reliefs, dans l'Enceinte tassilienne, par failles en profondeur se traduisant par des flexures en surface.

Les plissements sont plus marqués dans la zone des Tassilis internes que dans celle des Tassilis externes. Il semble que les schistes argileux alunifères et leur cortège de schistes argileux multicolores, assez plastiques, aient amorti les mouvements des *grès inférieurs* qui se reflètent, atténués, dans les *grès supérieurs !*

II. *Quelle est l'histoire de ces mouvements de l'Enceinte tassilienne?*

Il est très difficile de formuler des affirmations, étant données l'incertitude qui existe encore sur l'âge de certaines formations (*Grès supérieurs*, par exemple) et les difficultés d'observations, par suite de l'ennoyage, relatives aux rapports précis qui existent entre certaines d'entre elles : il est difficile en particulier de savoir si les strates de certains bombements de *grès supérieurs* sont en légère discordance avec les formations meso?- et supra-dévoniennes moins plissées qui entourent ces bombements, et d'où ces bombements émergent (c'est le cas pour le Djebel Redjem).

C'est donc *sans certitude* qu'il convient, pour les rattacher à ceux qui ont été constatés dans le Nord-Ouest (Touat et Saoura) par Gautier et classés comme hercyniens, de considérer que les *principaux plissements* qui furent subis par les formations de l'Enceinte tassilienne, le furent à l'époque des *plissements hercyniens* ([1]).

III. Nous avons vu que des avancées du pays cristallin pénétraient l'Enceinte tassilienne, dans les régions anticlinales, d'Aïne Redjem et d'Amguid.

La mise à nu du « Cristallin » dans l'axe de ces anticlinaux correspond à des dépressions, *sans doute parce que les gneiss, granits et micaschistes se désagrègent plus facilement que les grès quartziteux des Tassilis, et que, dès*

([1]) Cette attribution aux plissements hercyniens des principaux mouvements qui ont agité l'Enceinte tassilienne est faite sans aucune certitude : *il se peut que ces mouvements soient calédoniens*, car je n'ai pu constater qu'il y ait concordance indubitable entre les formations de l'Enceinte tassilienne et les formations du Dévonien supérieur et du Carbonifère des pays Pré-tassiliens.

C'est *par tradition*, n'ayant pas encore de preuves décisives du contraire, que je qualifie encore ces mouvements de hercyniens dans cette Note ainsi que dans la précédente.

qu'ils sont mis à nu, les facteurs d'érosion ayant plus de prise sur eux, leur démolition est plus rapide.

C'est pour cette même cause sans doute que *le contact des « Grès inférieurs » avec les schistes cristallins se traduit par la saillie considérable des plateaux gréseux, sur le pays cristallin, par un « bâten » (falaise) imposant qui entoure comme d'une barrière tout ce pays cristallin au Nord-Est, Nord et Nord-Ouest.*

Pour expliquer la formation de cette imposante barrière, on a invoqué la présence d'une faille continue qui suivrait le bord interne des Tassilis internes.

La présence de témoins isolés de « *Grès inférieurs* » sur le *pays cristallin*, assez loin et en avant du « bâten », semble obliger soit à rejeter l'explication par faille d'une manière générale, soit à placer cette faille à une assez grande distance du « bâten » actuel, dans le Pays cristallin.

Ainsi la Cara Houlane, à une trentaine de kilomètres des Tassilis, domine, de son plateau escarpé de « *grès inférieurs* », le *pays cristallin* de l'Edjéré.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur le rôle des glissements superficiels dans les formes du terrain du Morvan.* Note de M. **A. Boit**, présentée par M. Louis Gentil.

J'ai signalé précédemment [1] l'influence des phénomènes de solifluxion sur la morphologie du Bas-Morvan. Des observations ultérieures m'ont permis de reconnaître cette influence sur tout le massif et d'en préciser quelques caractères qui montrent sa généralité.

Dans l'ensemble, le glissement des arènes, dans le Haut-Morvan, conduit à des formes moins évoluées, moins coordonnées, plus jeunes que celles du Bas-Morvan. Les *ouches* y sont plus rares et moins développées.

Déjà aux environs de Montsauche, le fond des vallées, au lieu du thalweg large, plat et empâté des *ouches* du pays de Saulieu, présente une multitude de ressauts.

A la « Tranchée Romaine » l'épaisseur de la couche d'arènes peut atteindre 5^m; tandis que les vallées voisines, entre la ligne du chemin de fer et le mont Moux, présentent un fond large mais bossué de petits tertres entre lesquels courent des filets d'eau.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 1422.

De même, la cuvette d'Arleuf, au sud-est de Château-Chinon, se présente comme un bas-fond parsemé de monticules.

Il semble bien que ces vallées soient une forme immédiatement préliminaire des *ouches* du Bas-Morvan. Les arènes, descendues des pentes, ont déjà envahi le fond des thalwegs, sans avoir atteint le nivellement presque parfait des vallées sèches. De nombreuses formes intermédiaires s'observent entre les *rideaux* rectilignes et les monticules ondulant le fond des vallées.

Enfin, sur tout le Haut-Morvan, les *rideaux* nets et accentués, parfois rares sur les versants, se rencontrent presque toujours à la base des collines.

Par endroits, ils se montrent très nettement distincts des terrasses d'érosion quaternaires.

Dès la station de Jarnoy, cette observation peut être faite. De même, le mont Moux et les hauteurs voisines sont, à leur base, entourés par des *rideaux*, dont la dénivellation est parfois très importante.

Au delà de Montsauche, entre Château et Planchez, au lieu dit « Les Douze-Lignes », de grands *rideaux* rectilignes se montrent en opposition très nette avec les terrasses quaternaires du ruisseau de Martelay.

A Planchez, les *rideaux* supportent des haies et se développent autour des mamelons 560 et 635. Par exception, les fonds des vallées rappellent les *ouches* du Bas-Morvan. Au contraire, entre l'Yonne et la Houssière, ils présentent des ressauts et forment des cuvettes. Les arènes se montrent alors sous une grande épaisseur, en particulier au grand coude de la route de Corency, sur le versant de la Houssière, et surtout près de la gare de Château-Chinon.

Si dans l'ensemble de la périphérie morvandelle, au Nord et à l'Est, les *rideaux* se montrent superposés en séries parallèles; au contraire, dans le Haut-Morvan, ils se groupent fréquemment en séries angulaires. Cette disposition trahit un manque de coordination dans le glissement.

Au sud-est de Château-Chinon, aux abords du village de Courty, dans les petites vallées qui confluent vers l'Yonne, les *rideaux* se croisent sous des angles parfois très aigus. Entre l'Yonne et la ligne du chemin de fer, aux premières maisons du village, une série de trois *rideaux* forme les côtés d'un rectangle ouvert face à l'Yonne et encadrant une tête de thalweg.

Dans toute cette région, l'emplacement des *rideaux* diffère totalement des limites de propriétés.

Les accidents dus à l'écoulement des arènes conduisent donc, dans le Haut-Morvan, à des formes plus variées, moins évoluées, plus indépendantes que dans le Bas-Morvan.

Enfin, pendant la saison pluvieuse actuelle, j'ai pu relever de nombreuses émergences à la base des *rideaux*. Cette observation peut être rapprochée

de celle de M. Auguste Michel-Lévy sur l'emplacement des sources morvandelles pérennes aux ruptures de pente : « Comme la plupart des vallons s'évasent brusquement à leur partie supérieure, c'est en général au droit de ce coude du profil que jaillissent les sources les plus fraîches. Partout ailleurs, il faut creuser pour mettre à jour le niveau aquifère qui continue son chemin et n'émerge même pas toujours dans les fonds des vallons les plus élevés » (1).

Il est donc permis de croire que les *rideaux* se forment sur des ressauts du sous-sol, comme l'a observé M. Louis Gentil (2).

Je signalerai en premier lieu les environs de Collonchèvre en bordure du chemin de fer. Plus à l'ouest, entre le réservoir des Settons et le même chemin de fer, j'ai relevé de nombreuses sources sortant des *rideaux*; la plus importante se montre près de la gare.

Comme les étangs (3) les sources sont tributaires des *rideaux*. Ainsi, toute la morphologie et même l'hydrologie morvandelles apparaissent sous la dépendance étroite des phénomènes de solifluxion. Après les observations faites en Picardie (4) ces phénomènes révèlent leur influence presque exclusive sur une vaste région. Sans nul doute, ils s'imposeront bientôt comme un facteur morphologique capital dans l'acheminement vers la pénéplaine.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Variation séculaire de l'intensité du champ magnétique terrestre à Paris.* Note de M. **Ch. Maurain** et Mme **de Madinhac**, présentée par M. J. Violle.

L.-A. Bauer a évalué la variation séculaire de l'intensité du champ magnétique terrestre entre 1843 et 1883 en comparant, d'après les données réunies par plusieurs physiciens pour ces deux époques, les valeurs du moment magnétique de ce qu'on peut appeler l'aimant terrestre, c'est-à-dire de l'aimantation uniforme du Globe qui correspondrait aux termes du premier ordre dans la représentation analytique de l'ensemble du champ. Il trouve que ce moment a diminué pendant ces quarante années d'environ $\frac{40}{2600}$. Un travail analogue sur les données de 1890 et de 1900 l'a conduit à une diminution de $\frac{1}{2170}$ par an, très voisine de la précédente. Enfin il

(1) *Annales de Géographie*, 1899, p. 20.
(2) Louis Gentil, *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 291.
(3) Mlle F. Brepson, *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 704.
(4) Louis Gentil, *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 145 et 291.

a étudié les variations séculaires de 1900 à 1910 en utilisant une quantité qu'il appelle constante magnétique locale et qui est définie par

$$G = \sqrt{H^2 + \left(\frac{Z}{2}\right)^2},$$

H et Z étant les composantes horizontale et verticale du champ en un point donné. L'intérêt de cette quantité G est que, si le champ terrestre était dû à une aimantation uniforme du Globe, G serait égal à $\frac{M}{R^3}$, M étant le moment magnétique du Globe et R le rayon terrestre, de sorte que, en prenant pour H et Z les valeurs réelles, on peut considérer G comme définissant en quelque sorte le moment magnétique de l'aimantation terrestre d'après les données magnétiques en un point déterminé. En calculant les variations de G de 1900 à 1910 pour un certain nombre de stations, Bauer trouve pour presque toutes une diminution de G, et la moyenne des variations est encore une diminution, d'environ $\frac{1}{1500}$ par an (¹).

Les variations séculaires sont faibles; or ce n'est qu'assez récemment que les résultats des mesures absolues faites avec divers appareils ont été comparés avec précision et que les mesures sont devenues ainsi comparables. Jusqu'à présent, ce sont surtout des séries de mesures prolongées effectuées en un même point avec les mêmes appareils qui peuvent donner des renseignements précis sur les variations séculaires.

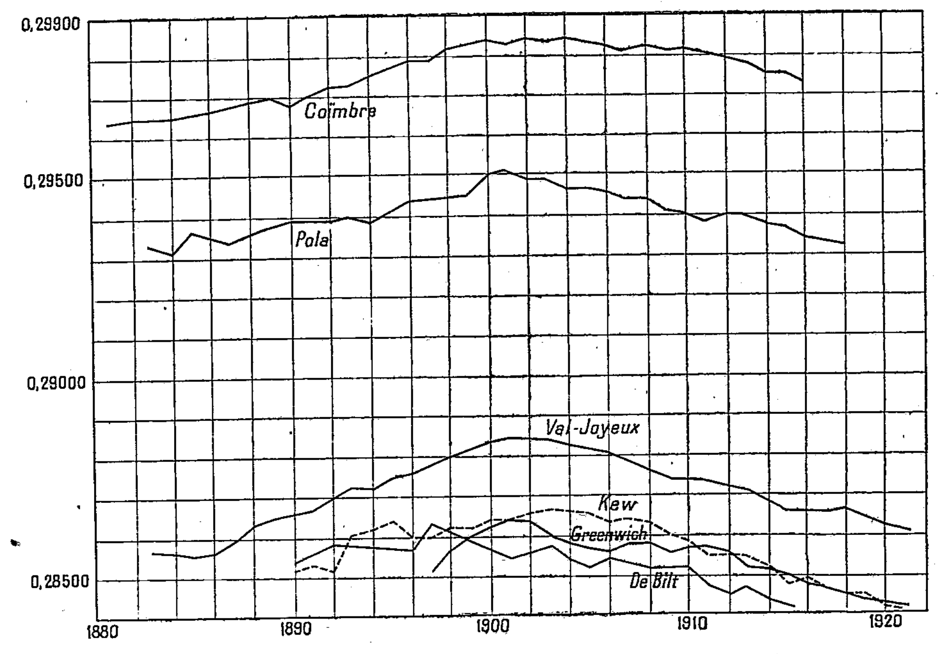
On dispose à Paris d'une série ininterrompue de ce genre depuis 1883; plus exactement, les mesures ont été faites en deux stations très voisines de Paris, de 1883 à 1900 au Parc Saint-Maur, et depuis 1900 au Val-Joyeux. En calculant la quantité G d'après les valeurs moyennes annuelles de H et de Z pour cet intervalle de temps, nous avons trouvé non pas une décroissance continue, mais une croissance de 1883 à 1902 et une décroissance depuis 1902.

Le tableau et la courbe Val-Joyeux du graphique ci-après donnent cette variation ; les valeurs correspondant au Parc Saint-Maur ont été rapportées au Val-Joyeux en utilisant les différences des valeurs des éléments magnétiques aux deux stations.

(¹) L. A. BAUER, *Terrestrial Magnetism and atmospheric electricity*, 1904, p. 173, et 1914, p. 124.

TABLEAU.

	G (e. m.).		G (e. m.).		G (e. m.).
1883.....	0,28573	1896.....	0,28757	1909.....	0,28737
1884.....	562	1897.....	781	1910.....	744
1885.....	558	1898.....	803	1911.....	735
1886.....	563	1899.....	815	1912.....	721
1887.....	597	1900.....	839	1913.....	706
1888.....	634	1901.....	841	1914.....	683
1889.....	649	1902.....	844	1915.....	655
1890.....	659	1903.....	838	1916.....	657
1891.....	671	1904.....	826	1917.....	653
1892.....	699	1905.....	817	1918.....	660
1893.....	728	1906.....	803	1919.....	643
1894.....	721	1907.....	785	1920.....	623
1895.....	742	1908.....	758	1921.....	609



Pour rechercher si ce mode de variation s'étend aux régions voisines, nous avons fait le même calcul pour d'autres stations de l'Europe occidentale dans lesquelles ont été effectuées des séries assez prolongées de mesures. Le graphique donne la variation de G pour Coïmbre, Pola, De Bilt, Kew et Greenwich. On voit que l'ensemble des résultats confirme l'existence d'un maximum de G vers l'époque 1902.

On peut remarquer que la valeur de G croît avec la latitude des stations, ce qui est d'accord avec la variation trouvée par Bauer pour les valeurs du moment magnétique de l'aimant terrestre déduites de la représentation analytique du champ appliquée aux données magnétiques des régions de diverses latitudes.

La variation de G ne paraît pas liée à la variation périodique des taches solaires.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur l'emploi du chlorure de sodium comme étalon dans le dosage des halogènes de l'eau de mer.* Note de MM. **J. Giral** et **F.-A. Gila**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Comme suite à notre Note publiée dans les *Comptes rendus* (1) et pour confirmer la proposition de M. Gabriel Bertrand, adoptée par la Commission des Produits purs de la IIIe Conférence internationale de la Chimie (2), nous avons fait des analyses précises en vue de déterminer l'influence des sels marins autres que les chlorures sur le dosage gravimétrique de ces derniers.

Nous avons employé une solution type faite avec du chlorure de sodium dissous dans l'eau distillée, à la concentration en ion Cl voisine de celle de l'eau de mer (2-3 pour 100). Cette solution, dosée gravimétriquement avec toutes les corrections (pesée réduite au vide, température, solubilité du ClAg, etc.) nous a donné :

	I.	II.	III.	Moyenne.
Cl pour 1000	20,42	20,40	20,36	20,39

D'un autre côté, nous avons préparé des solutions de sulfates de sodium, de calcium et de magnésium pour rechercher l'influence des ions SO^4, Ca et Mg sur le dosage du Cl dans la solution type. Ces solutions ont été faites aux concentrations suivantes :

$SO^4.Na^2 + 10H^2O$ à 5 pour 100 (contenant 50 fois plus d'ions SO^4 que l'eau de mer);

$SO^4.Mg + 7H^2O$ à 15 pour 100 (100 fois plus concentrée en ions Mg que l'eau de mer);

$SO^4.Ca + 2H^2O$ saturée à froid (à peu près à la même concentration en ions Ca que l'eau de mer).

(1) Odon de Buen et José Giral, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 177.

(2) *C. R. de la IIIe Confér. intern. de Chimie* (Lyon, 1922), p. 54.

Les séries d'analyses faites après avoir mélangé ces solutions avec la solution type de chlorure de sodium ont donné les résultats suivants :

I. Avec le $SO^4Na^2 + 10H^2O$ à 5 pour 100 :

Grammes de solution type employés.	Centimètres cubes ajoutés de : Solution I.	Chlore trouvé pour 1000.
20,4273	2	20,43
20,1694	10	20,44
21,2883	10	20,31
20,4565	20	20,39
20,9890	20	20,42

II. Avec le $SO^4Mg + 7H^2O$ à 15 pour 100 :

	Solution II.	
19,6519	2	20,43
20,2849	2	20,46
18,6650	10	20,47
19,1359	10	20,47
19,6273	20	20,45
19,8128	20	20,45

III. Avec le $SO^4Ca + 2H^2O$ saturé :

	Solution III.	
21,6547	20	20,30
22,3326	20	20,42
20,9461	50	20,46
20,9770	50	20,47
20,0143	100	20,44
20,4073	100	20,49

On voit que toutes les différences entre les chiffres de la dernière colonne et la moyenne trouvée avec la solution type (20,39) restent comprises dans les limites d'erreur et atteignent seulement la seconde décimale pour 1000.

Il est donc permis de conclure : 1° que les sels existant dans l'eau de mer n'ont pas d'influence appréciable sur la détermination quantitative du chlore et 2° que l'on doit employer pour le dosage comparatif du chlore et des halogènes dans l'eau de mer une solution type préparée avec du chlorure de sodium pur et de l'eau distillée. Cette solution est plus facile à se procurer et à contrôler que l'eau de Christiania employée jusqu'ici.

PALÉONTOLOGIE. — *Rapports entre l'ivoire et l'émail dentaires chez un poisson fossile (Sargodon).* Note de M. **J.-J. Thomasset**, présentée par M. Émile Haug.

L'émail est généralement moins développé chez les Poissons que chez les autres Vertébrés, et les canalicules de l'ivoire pénètrent plus profondément à travers cet émail. On admet que ces canalicules, une fois engagés dans le tissu adamantin, ne s'y ramifient jamais.

Un Ganoïde, *Sargodon tomicus* (Plieninger), dont les dents sont communes dans les bone-beds de l'étage Rhétien, montre entre l'ivoire et l'émail des rapports plus complexes que ceux généralement connus entre les tissus dentaires des Poissons actuels et fossiles.

Ces dents sont de plusieurs sortes et assez différentes pour qu'incisives et molaires aient été placées autrefois dans deux genres distincts. Cependant leur structure est la même. Macroscopiquement, sous un émail transparent, tout l'ivoire paraît piqueté; cette particularité, comme nous le verrons, est due aux émergences de sa surface.

En coupe, on observe un émail extrêmement épais, qui peut dépasser le tiers de l'épaisseur de la dent. L'ivoire en diffère par sa couleur brune et ses lignes d'accroissement, alors que l'émail paraît homogène, anhiste et incolore. *Cet ivoire*, au lieu de présenter l'habituelle surface rectiligne et régulière, *forme des digitations nombreuses* qui pénètrent dans l'émail et dont la dimension est assez considérable pour qu'on les distingue à l'œil nu. Ces prolongements, qui sont parfois bifurqués, contiennent en leur milieu un canal venant sans doute de la pulpe, mais dont les coupes ne permettent pas de suivre tout le trajet. Ce sont donc bien de vraies ramifications du tissu éburnéen et non des saillies localisées à sa périphérie.

Des canicules très nombreux parcourent l'ivoire, s'y divisent et s'y anastomosent irrégulièrement. Arrivés à l'émail, ils y pénètrent et aussitôt acquièrent un calibre plus considérable. *Ils se bifurquent* dans les premières couches de ce tissu, parfois même se trifurquent, et les branches issues de cette première division peuvent plus loin se diviser encore. Leur trajet, souligné par des granules minéraux placés à leur intérieur, s'observe avec la plus grande netteté.

La surface de l'ivoire apparaît ainsi hérissée, couverte d'un buisson touffu de canalicules, qui très irrégulièrement s'enfoncent dans l'émail, s'y croisent dans toutes les directions et envahissent la plus grande partie

du tissu adamantin. C'est à partir de l'extrémité distale des digitations d'ivoire que les plus longs canalicules plongent dans l'émail, c'est là qu'ils sont les plus nombreux et produisent ainsi un aspect caractéristique de pinceau. Ces canalicules ne cheminent pas dans l'émail en ligne droite, mais en courbe, et se terminent en s'effilant.

Il existe une corrélation d'ordre indéterminé entre l'énorme développement de l'émail et les nombreuses ramifications de l'ivoire, ainsi qu'une dépendance mutuelle des deux tissus. Ceux-ci se pénètrent intimement, quoique leur démarcation reste très nette, l'ivoire ayant sans doute un rôle de soutien et de nutrition vis-à-vis de l'émail dont le grand développement a peut-être entraîné cette pénétration particulière de l'ivoire dans l'émail. On ne peut expliquer par le seul examen d'un tissu fossile l'origine et le mode de formation de cette structure.

Sargodon est un exemple nouveau des rapports complexes qui peuvent s'établir entre les tissus dentaires par suite de leur interpénétration.

BOTANIQUE. — *Sur les homologies des feuilles cotylédonaires.* Note de M. P. Bugnon, présentée par M. Guignard.

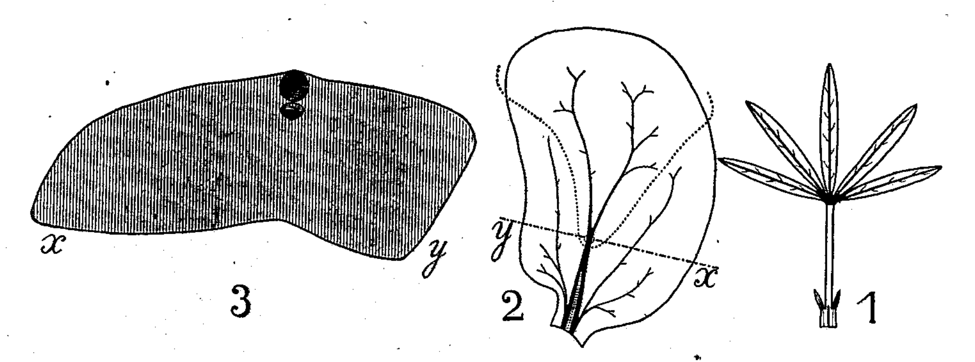
Les cotylédons qui deviennent épigés au cours de la germination prennent souvent l'aspect et les fonctions de feuilles végétatives; ils présentent, à l'extrémité d'un pédicule plus ou moins allongé qu'on nomme *pétiole*, une portion aplatie en lame qu'on nomme *limbe*. L'emploi de ces termes traduit-il autre chose que des homologies physiologiques entre les feuilles cotylédonaires et les feuilles végétatives de la même plante? La question doit se poser quand des différences morphologiques importantes existent, comme c'est souvent le cas, entre ces deux catégories de feuilles.

Chez les Papilionacées, par exemple, les feuilles végétatives ont des stipules et un limbe habituellement composé, tandis que les cotylédons sont à lame simple et apparemment dépourvus de stipules. Si tous les pétioles sont homologues, on doit en conclure que les stipules font défaut aux feuilles cotylédonaires. Toutefois, dans les cas analogues à celui de la Fève (*Faba vulgaris* Moench), on trouve, entre les feuilles végétatives typiques de la plante et les cotylédons, quelques feuilles morphologiquement intermédiaires qui permettent d'attribuer des homologies tout autres aux feuilles cotylédonaires. En rappelant ce cas dans un travail anté-

rieur (¹), j'ai montré que le limbe des cotylédons y pouvait être interprété comme le résultat de la concrescence des trois lobes primordiaux de l'ébauche foliaire : lobe médian, dont le développement produit le limbe et le pétiole dans les autres feuilles, et lobes stipulaires latéraux. J'ai proposé pour un tel limbe le nom de *phyllode d'ébauche foliaire.* Le pétiole qui supporte ce limbe est un *pétiole de base foliaire*, *infrastipulaire*, non homologue du pétiole suprastipulaire des feuilles végétatives.

Mais, chez beaucoup de Papilionacées, les intermédiaires manquent entre les feuilles cotylédonaires et les feuilles végétatives typiques, et l'interprétation phyllodienne des premières ne semble pouvoir être étayée sur des preuves directes. L'anatomie comparée peut cependant fournir de telles preuves ; l'exemple suivant, qui le démontre, est emprunté au *Lupinus angustifolius* L.

Dans cette espèces, les deux premières feuilles végétatives, opposées-décussées avec les cotylédons, présentent un limbe composé-palmé ayant en général 5 folioles penninerviées de 3^{cm} de longueur environ, 1 pétiole à peu près de même longueur et 2 stipules qui surmontent, de part et d'autre de la base pétiolaire, une base foliaire haute de quelques millimètres (*fig.* 1) ; les folioles sont brièvement pétiolulées, avec renflement moteur à l'articulation. De très bonne heure, sur les flancs de l'ébauche foliaire, apparaissent les deux lobes latéraux stipulaires ; les lobes foliolaires ne se forment qu'ensuite, aux dépens du lobe médian ; l'élongation du pétiole se produit en dernier lieu. L'appareil conducteur de la feuille est formé d'abord des trois faisceaux corres-



Lupinus angustifolius L.
Fig. 1. L'une des deux premières feuilles végétatives; × 3/5. — Fig. 2. Nervation principale d'un cotylédon; × 3. — Fig. 3. Coupe transversale d'un cotylédon suivant la ligne *xy* de la figure 2; la coupe du faisceau libéroligneux médian et celle du nodule ont seules été indiquées; × 10.

(¹) P. Bugnon, *L'organisation libéroligneuse des cotylédons et de l'hypocotyle expliquée par la théorie du raccord, chez la Mercuriale* (Mercurialis annua *L.*) (*Bull. Soc. Linn. Norm.*, 7ᵉ série, t. 5, 1923, p. 84).

pondant aux trois lobes primordiaux; ces faisceaux constituent d'ailleurs seuls la trace foliaire de la feuille adulte.

Les cotylédons, considérés au moment où les deux premières feuilles végétatives commencent à se déployer, offrent un limbe charnu, simple, un peu réniforme, asymétrique par conséquent, avec un côté convexe et un côté concave, à base légèrement cordée du côté concave; ce limbe est supporté par un court pétiole; sa nervation est facile à observer après déshydratation par la série des alcools et éclaircissement par l'essence de cèdre. Elle comprend essentiellement une nervure médiane, dichotome une première fois vers le quart inférieur du limbe et deux nervures latérales ramifiées (*fig.* 2). Immédiatement au-dessous du niveau où la nervure médiane se bifurque, entre le faisceau libéroligneux et l'épiderme dorsale, existe un nodule particulier, d'environ $\frac{3}{10}$ à $\frac{4}{10}$ de millimètre de diamètre; il est formé d'un tissu à petits éléments qui dérivent du recloisonnement répété, d'abord tangentiel, des cellules du parenchyme cortical; il détermine une légère protubérance sur la face dorsale du cotylédon (*fig.* 3).

Un tissu semblable se rencontre dans les feuilles végétatives, au dos de leur nervure médiane, dans la région d'articulation de la foliole médiane sur le pétiole.

Quelle que soit sa signification physiologique, ce tissu spécial, ainsi localisé, permet d'homologuer les régions foliaires où il existe. La base du limbe des feuilles végétatives correspond donc au point où, dans le limbe cotylédonaire, la nervure médiane se bifurque. Le limbe tout entier des feuilles végétatives doit être homologue de la partie du limbe cotylédonaire qui est desservie par les ramifications dichotomes de la nervure médiane (partie entourée d'une ligne pointillée dans la figure 2). Les deux régions latérales du limbe cotylédonaire, avec leur nervation propre, doivent correspondre aux stipules, la différenciation tardive d'un pétiole n'étant pas intervenue ici pour éloigner le lobe médian des deux lobes latéraux dans l'ébauche primitive. Le pétiole cotylédonaire doit être l'équivalent de la base foliaire, infrastipulaire, des feuilles végétatives.

En résumé, chez le *Lupinus angustifolius* et chez toutes les espèces de Lupins qui présentent pareillement un nodule de tissu recloisonné au dos de la nervure médiane cotylédonaire, au-dessous de sa première dichotomie, les cotylédons peuvent être interprétés comme des *phyllodes d'ébauches foliaires*.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'hérédité en mosaïque de la duplicature des fleurs de* Cardamine pratensis *var.* Note de M. L. **Blaringhem**, présentée par M. L. Guignard.

Depuis des siècles (Clusius, 1601), on signale une variété de Cardamine à fleurs doubles et prolifères, formant çà et là des populations dispersées, ne donnant ni fruits, ni graines, par suite de la prolifération de tous les ovaires avec emboîtements successifs de houppes de pétales; on la suppo-

sait échappée des jardins et uniforme, propagée par le bouturage des lobes des feuilles. J'ai constaté [1] qu'elle présentait, selon les stations, des caractères différentiels jordaniens et, depuis 1912, je cherche à mettre en évidence le mécanisme par lequel des mutations identiques ont pu se produire en divers points. Certaines circonstances m'ont fait croire que l'hybridation, à partir d'une première mutation, pourrait donner l'explication cherchée, d'où la mise en œuvre d'une série d'expériences dont le détail a été exposé ailleurs [2].

En 1913, j'ai découvert que les plantes à fleurs prolifères donnent souvent quelques étamines renfermant, malgré leur déformation pétaloïde, un pollen actif. Des *Cardamine pratensis* à fleurs simples, autostériles et isolées après section, formant une lignée homogène du Laboratoire de Chimie végétale de Bellevue, ont été fécondées, en 1913 et 1914, avec le pollen d'une population à fleurs doubles de l'étang de Trivaux à Meudon (Seine-et-Oise); j'obtins 13 plantules perdues au cours des hostilités; les mêmes essais, réussis en avril 1920, fournirent 320 graines, puis 112 plantes toutes fleuries actuellement.

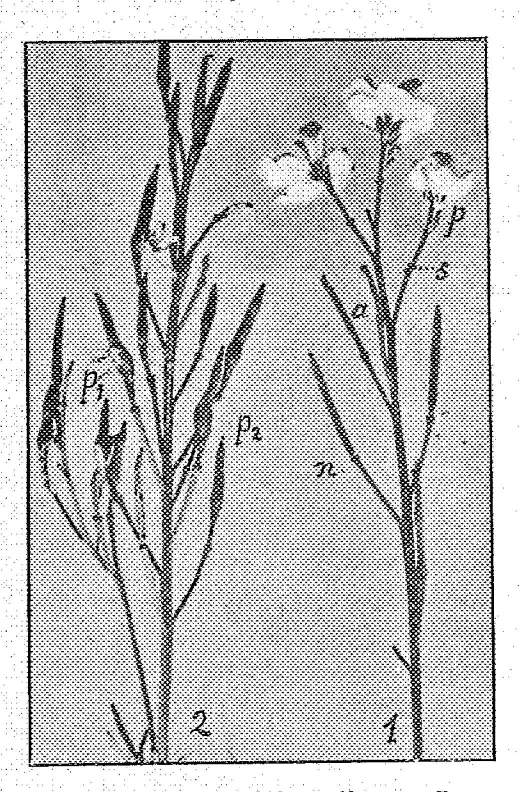
Première génération. — Les plantes F_1 sont exceptionnellement vigoureuses; au début de la floraison, toutes, sans exception, portent des fleurs simples et les fruits formés sont très fertiles. Mais les déviations apparaissent au cours de la saison : la majorité des plantes donne de nombreuses graines et les axes et pédoncules floraux se dessèchent; en 1922, comme en 1923, 13 plantes ont boudé, leurs fruits ne se sont pas desséchés et des gonflements caractéristiques de la prolifération de l'ovaire sont apparus *simultanément* sur l'axe principal et sur les ramifications latérales. La figure 2 représente la hampe la plus déformée en 1923 de cette série; la figure 1, une hampe en mosaïque dont les fleurs inférieures normales ont évolué en fruits, et les fleurs terminales, dernières venues, sont nettement prolifères (en *s* traces des premiers sépales tombés, en *p* axe avec valves sépaloïdes englobant la touffe des pétales). La mosaïque est très frappante sur la figure 1; la prolifération en première et en seconde génération offre cependant, le plus souvent, les caractères de la figure 2, ovaires pédonculés à parois gonflées, déformées, avec graines plus ou moins fécondes à la pointe et métamorphose tardive des ovules inférieurs en houppe de pétales, visibles en p_1, par déchirure des parois de l'ovaire. Ainsi, *au début de la floraison, dominance complète de la fleur simple sur la fleur double et prolifère; en fin de saison*, sur un dixième des individus, *mosaïque* remarquable des caractères des ascendants, *caractéristique de l'hérédité naudinienne.*

---

(1) *Fleurs prolifères de la Cardamine des prés* (*Bull. Soc. bot. France*, t. 60, 1913, p. 304 et 1 figure).

(2) *Note préliminaire sur l'hérédité de la prolifération et de la duplicature chez* Cardamine pratensis (*Bull. Soc. Pathologie végétale*, t. 9, 1922, p. 138-144 et 1 figure).

Deuxième génération. — Les étamines développées en *s* (*fig.* 1) des *Cardamine mosaïque* donnent du bon pollen que j'utilise en 1922 pour féconder les fleurs tardives normales F_1. La combinaison *Cardamine* F_1 × *Cardamine mosaïque* F_1 me donne 215 bonnes graines, dont 200 sont semées en juillet; 98 plantes repiquées en pleine terre en octobre fournissent de belles plantes fleuries en avril-mai 1923; 10 manifestent la mosaïque et il n'y a aucun retour complet aux fleurs doubles.



Cardamine pratensis forme Mosaïque F_1.

La combinaison *Cardamine mosaïque* F_1 × *Cardamine mosaïque* F_1, réalisée avec beaucoup de peine, fournit 111 graines, dont 100 sont semées de même; j'obtins 47 plantes en fleurs, dont 39 uniquement à fleurs simples; 5 présentent la mosaïque; 3 à ovaires prolifères avortés sont stériles. Au total : 300 graines donnent 145 plantes dont 127 à fleurs simples, 15 mosaïques et 3 fleurs prolifères; *les proportions* correspondantes 42 : 5 : 1 ou encore 7 : 1 *ne sont pas mendéliennes.*

J'ai fait aussi les croisements de l'hybride avec les parents : *Cardamine simple* × *Cardamine mosaïque* F_1 donne 62 graines dont j'élève avec peine 19 plantes, 6 sont des mosaïques et 3 prolifères à fruits stériles. De même, l'opération réciproque *Cardamine mosaïque* F_1 × *Cardamine prolifère* donne 25 graines peu mûres, dont j'obtiens difficilement 12 plantes, 10 à fleurs simples et 2 mosaïques. Quelle que soit la combinaison, *la deuxième génération se comporte sensiblement comme la première génération.*

La duplicature et prolifération de la Cardamine des prés, anomalie grave, ne suit pas dans ses croisements avec la souche les règles de l'hérédité mendélienne. Elle se comporte comme la pélorie de *Digitalis purpurea* (1) et, comme dans cette lignée, je mets en évidence des tendances aberrantes qu'on n'a pas encore signalées dans la nature. Ainsi, il n'est pas question dans les cinquante descriptions données de la Cardamine prolifère d'aucune plante mosaïque fertile et j'en obtiens de remarquables échantillons; j'ai obtenu aussi, une fois, une plante dont la hampe principale dressée et courte, non fasciée, se termine par une houppe de feuilles en rosette où se développent quelques fleurs fertiles et longuement pédonculées, aberration tout à fait exceptionnelle. Les plantes mosaïques sont héréditaires, à la façon des races pauvres. Il semble bien, d'autre part, que la prolifération, ainsi que la mosaïque, sont d'autant plus fréquentes, dans une descendance, que la vitalité des graines qui la fournit est moindre, rapprochements intéressants avec les *Œnothera* mutantes.

Mais, dans cette Note, je veux surtout mettre en relief une règle dont j'ai donné de nombreux exemples. La duplicature de même que la pélorie sont *des aberrations graves* altérant l'exercice de fonctions physiologiques importantes de l'espèce; *elles échappent, dans leurs croisements avec l'espèce, aux règles ordinaires du retour,* selon les lois du calcul des probabilités, règles de Mendel qui s'appliquent rigoureusement dans le cas des croisements de variétés, altérations superficielles et sans gravité pour l'avenir de l'espèce.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le vide comme moyen de prolonger la faculté germinative des graines.* Note de M. A. Guillaumin, présentée par M. H. Lecomte.

C'est un fait connu [Kochs (2), Romanes (3), E. Laurent (4), Maquenne (5), P. Becquerel (6)] que de nombreuses graines, sinon toutes, conservent leur pouvoir germinatif dans le vide au moins pendant un certain temps.

---

(1) L. Blaringhem, *Hérédité et nature de la pélorie de* Digitalis purpurea *L.* (*Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 252).

(2) *Biol. Centralb.*, t. 10, 1890, p. 673-686.

(3) *Proceed. Roy. Soc. of London*, t. 54, 1893, p. 335.

(4) *Comptes rendus*, t. 135, 1902, p. 1091-1092.

(5) *Comptes rendus*, t. 134, 1897, p. 1243.

(6) *Ann. Sc. nat. Bot.*, 9e série, t. 5, 1907, p. 193-311.

L'absence d'air prolonge la faculté germinative du Panais [Maquenne ([1])], des graines oléagineuses (Colza, Chou, Moutarde, Cumin, Cerfeuil, Courge, non le Pavot) et du Café [E. Laurent ([2])]; pour le Blé, les résultats paraissent contradictoires, puisque Maquenne ([1]) a obtenu une germination normale après 2 ans de conservation dans le vide sec, après *dessiccation dans le vide,* tandis que E. Laurent ([2]) a constaté une moins bonne germination après 2 ans de séjour dans le vide *sans dessiccation artificielle préalable.*

Les expériences les plus prolongées, celles de E. Laurent, ne dépassent pas 7 ans et 4 mois; grâce à M. Matout, j'ai pu faire des essais de germination avec des graines de plantes utiles conservées à l'abri de l'air pendant 12 ans et 4 mois. Récoltées au Muséum en 1910, les graines furent mises en tubes, *sans dessiccation artificielle préalable*, en janvier 1911; les tubes furent scellés dès que le vide, obtenu au moyen d'une trompe à mercure, fut suffisamment constant, et conservés à l'abri de la lumière.

J'ai semé comparativement les graines des mêmes espèces ayant exactement ou sensiblement le même âge ([3]), conservées en sachet, dans un tiroir d'une pièce bien sèche de la Graineterie, c'est-à-dire gardées dans les meilleures conditions possibles, car il est prouvé, depuis longtemps, que les graines se conservent mieux en sachet ou en bocal, à l'abri de la lumière et de l'humidité.

Le pouvoir germinatif normal du Blé dépasse 10 ans [Burgenstein ([4])], celui du Radis est de 5 ans mais peut atteindre et dépasser 10 ans [Vilmorin ([5])], celui de la Laitue est compris entre 5 et 9 ans [Duhamel du Monceau ([6]), Alph. de Candolle ([7]), Burgenstein ([4]), Vilmorin ([5])]; quant au Cerfeuil musqué, il ne germe que pendant 1 an [Vilmorin ([5])]; les graines de Radis, de Blé et de Laitue arrivaient donc à la limite de leur faculté germinative ou l'avaient légèrement dépassée, celles de Cerfeuil musqué l'avaient largement dépassée.

Voici les résultats obtenus :

([1]) *Loc. cit.*

([2]) *Loc. cit.*

([3]) Radis (1910), Blé (1909), Laitue (1908), Cerfeuil musqué (1910).

([4]) *Verhand. Zool. Bot. Ges. Wien*, t. 45, 1895, p. 414.

([5]) *Les plantes potagères*, 3e édition, 1904, p. 684-687.

([6]) *Traité des semis*, 1760, p. 93-95.

([7]) *Ann. Sc. nat. Bot.*, 3e série, t. 6, 1846, p. 573.

Graines :	Conservées dans le vide.	Conservées à l'air.
Radis............	Germination excellente, très régulière.	Germination médiocre et irrégulière.
Blé..............	id.	o
Laitue...........	id.	o
Cerfeuil musqué...	o	o

Ces faits laissent entières les deux hypothèses : « vie suspendue » ou « vie anaérobie intracellulaire » émises pour expliquer la vie latente. En effet, dans l'expérience relatée ci-dessus, on n'a pas cherché à arriver à la dessiccation absolue obtenue en « opérant dans le vide, avec de la baryte caustique anhydre pendant au moins trois mois, à une température de 45° [P. Becquerel (1)].

Ils confirment que sans suivre une technique qui ne peut entrer dans la pratique courante, mais en employant *des procédés simples et facilement réalisables, on peut prolonger le pouvoir germinatif des graines.* Si leur efficacité n'est pas indéfinie, ils pourraient au moins faciliter le transport des semences de certaines plantes utiles dont le pouvoir germinatif très court rend l'introduction particulièrement difficile.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Adaptation à la vie aérienne d'une Algue verte du groupe des Volvocales* (Chlamydomonas fungicola *n. sp.*). Note de M. **A. de Puymaly**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Depuis les observations de De Toni et Levi (2), de Lagerheim (3) et de Dangeard (4), on sait que le revêtement vert qui tapisse fréquemment le chapeau de certaines Polyporacées est dû, non pas à la présence de Bactéries vertes, comme le croyait van Tieghem (5), mais au développement d'une petite Chlorophycée uni ou paucicellulaire, le *Stichococcus bacillaris*

---

(1) *Loc. cit.*

(2) G.-B. De Toni et D. Levi, *Intorno ad una Palmellacea nuova per la Flora Veneta* (*Notarisia*, II, 1887, p. 281).

(3) G. Lagerheim, *Ueber eine durch die Einwirkung von Pilzhyphen entstandene Varietät von* Stichococcus bacillaris *Näg.* (*Flora*, 71 Jahrg., 1888, p. 61).

(4) P.-A. Dangeard, *Observations sur le groupe des bactéries vertes* (*Le Botaniste*, 4e série, 1894-1895, p. 1).

(5) Ph. van Tieghem, *Observations sur des Bactériacées vertes* (*Bull. de la Soc. bot. de France*, t. 27, 1880, p. 174).

Naeg. D'autres Algues, cependant, accompagnent presque toujours cette dernière et leur ensemble constitue une florule fongicole des plus curieuses, à peu près inconnue et sur laquelle j'aurai l'occasion de revenir. Dans cette Note, je désirerais m'occuper d'une espèce dont la présence sur un substratum aérien est singulière et tout à fait inattendue. Il s'agit, en effet, d'un *Chlamydomonas,* c'est-à-dire d'un genre d'algues appartenant à l'ordre des *Volvocales*, chez lequel les auteurs admettent que *l'état végétatif est représenté par des cellules ciliées et motiles.*

Dans les premiers jours de mars, je récoltais aux alentours de Bordeaux, sur une souche de chêne, à 30^{cm} environ au-dessus du sol, quelques champignons lignicoles du genre *Lenzites* Fr., dont la surface revêtue d'un enduit vert assez étendu, offrait, entre autres espèces, le *Chlamydomonas* en question. Sur ce *substratum* simplement humide, l'Algue naturellement n'était pas motile et se trouvait sous deux états bien différents. En certains points elle formait des amas mucilagineux dans lesquels étaient plongées des cellules sphériques, la plupart en voie de division. Le rouge de ruthénium se fixait fortement sur le mucilage de nature pectique et en révélait la structure. Celle-ci rappelait ce que l'on voit chez les *Glœocapsa* et les *Glœocystis* : les cellules enveloppées chacune d'une série de gaines mucilagineuses concentriques, emboîtées les unes dans les autres, restaient pendant quelque temps incluses dans le mucilage de leur cellule mère également stratifié et dont les couches les plus externes confluaient en une substance d'apparence homogène fixant beaucoup moins énergiquement le colorant. En un mot on avait ici affaire à ce que l'on a maintes fois décrit chez les *Chlamydomonas* sous le nom d'état *Palmella* ou mieux sous celui d'état *Gloeocystis.*

Cet état, que j'ai rencontré seulement sur un échantillon de *Lenzites*, ne semble pas être celui que l'Algue revêt le plus fréquemment, du moins à cette époque de l'année. Le plus souvent, la plante se présente sous forme de cellules isolées ovoïdes ou subsphériques qui ont plus ou moins conservé l'aspect et la structure des cellules végétatives ordinaires des *Chlamydomonas*, mais qui n'en possèdent ni les cils ni la motilité. Certaines de ces cellules, munies de substances de réserve et d'une membrane plutôt épaisse, semblent mener une vie quiescente. Mais la plupart, pourvues d'une membrane mince, sont le siège d'une division active et donnent naissance à un certain nombre de cellules filles, comme le fait d'ordinaire la cellule motile d'un *Chlamydomonas* parvenue au repos. Chaque cellule mère produit ainsi 2, 4 ou exceptionnellement 8 cellules filles. Celles-ci, dont la libération a toujours été observée dans une goutte d'eau et résulte de la gélifi-

cation de la membrane de la cellule mère, se montrent sous deux aspects bien différents suivant les circonstances. Tantôt biciliées et motiles, elles sont en tous points comparables aux cellules végétatives ordinaires des *Chlamydomonas* aquatiques; tantôt elles ont perdu cils et motilité et ressemblent à la cellule mère dont elles proviennent; cependant, nombre de ces cellules filles non motiles montrent encore un point rouge plus ou moins bien conservé. Le stade motile, qui est l'état habituel des *Chlamydomonas* aquatiques, n'a donc pas complètement disparu chez cette espèce aérienne; mais, pour qu'il apparaisse, il faut que certaines conditions ambiantes (notamment pluie ou rosée abondante) se manifestent au moment opportun. De plus, son existence est toujours de courte durée; même lorsque les cellules ciliées sont maintenues dans l'eau, elles conservent peu de temps leur motilité.

L'Algue en question n'a pu être identifiée d'une manière parfaite avec l'une des 29 espèces que contient la monographie relativement récente de Wille [1]. Rappelant par maints caractères le *Chl. intermedia* de Chodat [2], elle s'en distingue cependant par des dimensions moindres (les cellules motiles sont ordinairement longues de 11^{μ} à 13^{μ} et larges de 8^{μ} à 9^{μ}) et surtout par la position latérale du pyrénoïde, situé dans un lobe interne du chromatophore à peu près à mi-chemin entre les deux pôles de la cellule. Il s'agit donc très probablement d'une espèce nouvelle dont je donnerai la diagnose et le dessin dans une publication ultérieure. Je la nommerai *Chl. fungicola* n. sp. en raison de sa fréquence sur les Champignons. Je l'ai, en effet, retrouvée non seulement sur d'autres *Lenzites* croissant à quelques mètres des premiers, mais également sur des *Polystictus* Fr. et des *Lenzites* provenant d'autres stations très éloignées. On se trouve donc ici en présence d'une Volvocale franchement adaptée à la vie aérienne. Cette adaptation, on vient de le voir, a eu pour résultat *de rendre éventuel et éphémère le stade cilié et motile, qui est au contraire habituel et persistant chez les* Chlamydomonas *aquatiques et, inversement, de donner aux stades, qui chez ces derniers sont transitoires, l'importance d'états végétatifs.*

---

[1] N. Wille, *Algologische Notizen* IX-XIV-XI. *Ueber die Gattung* Chlamydomonas (*Nyt Magazin for Naturvidenskaberne*, Bd 41, 1903, p. 109).

[2] R. Chodat, *Matériaux pour servir à l'histoire des Protococcoïdées* (*Bull. Herb. Boiss.*, II, 1894); *Monographies d'Algues en culture pure* (*Matériaux pour la flore cryptog. Suisse*, Berne, 1913, p. 169).

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Étude biochimique sur la composition du* Monotropa Hypopitys *L.: obtention d'un glucoside nouveau, la monotropéine.* Note de M. **Marc Bridel**, présentée par M. L. Guignard.

J'ai montré, en collaboration avec Mlle M. Braecke, que le noircissement d'un certain nombre de Scrofulariacées (Mélampyres, etc.) au cours de leur dessiccation était dû à la décomposition d'un glucoside contenu dans ces plantes et que ce glucoside était identique à l'aucubine, glucoside de l'*Aucuba japonica* L. (1).

D'autres plantes possèdent également la propriété de noircir pendant la dessiccation, et la cause de ce noircissement n'est pas encore déterminée. Parmi elles, le *Monotropa Hypopitys* L. occupe une place spéciale par le fait qu'il est dépourvu de chlorophylle.

Il m'a semblé qu'il pouvait être intéressant de rechercher si le noircissement de cette plante était également dû à la décomposition d'un glucoside et, le cas échéant, si ce glucoside était le même que celui des Scrofulariacées que nous avions étudiées précédemment. En conséquence, j'ai soumis le *Monotropa Hypopitys* L. à l'essai biochimique à l'invertine et à l'émulsine. L'essai a porté sur des plantes récoltées aux environs de Mantes le 5 juin 1921. Ces plantes n'étaient pas encore fleuries; la hampe florale était encore en crosse et leur partie inférieure très fortement renflée. Elles ont été traitées par l'alcool bouillant le lendemain de leur récolte. L'essai effectué sur un liquide aqueux, dont 100^{cm^3} correspondaient à 100^g de plantes fraîches, a donné les résultats suivants :

Rotation initiale ($l=2$)	$3^\circ 48'$
Sucre réducteur initial (pour 100^{cm^3})	$0^g,947$

On a fait agir l'invertine. L'action s'est prolongée pendant plus de 15 jours et l'on a obtenu finalement les chiffres suivants :

Rotation après action de l'invertine	$6^\circ 7'$
Sucre réducteur après action de l'invertine	$2^g,673$

Soit une augmentation de la déviation gauche de $2^\circ 19'$ et une formation de $1^g,726$ de sucre réducteur. L'indice est de 745, notablement différent de celui du saccharose, 603. On peut donc penser que le *Monotropa Hypopitys* L. renferme un sucre qui n'est pas du saccharose.

(1) M. Bridel et Mlle Braecke, *Bull. Soc. Chim. biol.*, t. 4, 1922, p. 96.

L'action de l'émulsine s'est prolongée pendant plus de 4 mois. Dans les 3 premières semaines, il n'y a eu qu'un recul faible de la déviation vers la droite de 12', la quantité de sucre réducteur augmentant de 0g,091 pour 100cm³. Il s'était fait en même temps un volumineux précipité, mais la teinte du liquide n'avait pas changé. Si j'avais arrêté l'action de l'émulsine à ce moment, j'aurais conclu à l'absence d'un glucoside producteur de matière colorante. Mais j'étais tellement persuadé de l'existence d'un tel glucoside, qu'après séparation du précipité, j'ai ajouté une nouvelle dose d'émulsine dans le liquide limpide. Il s'est fait, rapidement, un nouveau précipité, puis le liquide brun a passé progressivement au vert puis au bleu foncé. Après une action de 3 semaines, la déviation avait reculé vers la droite de 1°27' et il s'était formé 0g,397 de sucre réducteur pour 100cm³. Finalement, au bout de 4 mois, le liquide présentait les caractères suivants :

Rotation après action de l'émulsine..........	— 3°18'
Sucre réducteur après action de l'émulsine....	3g,359

Soit un changement de déviation de 3°11', avec formation de 0g,686 de sucre réducteur, ce qui représente un indice de 215.

Le *Monotropa Hypopitys* L. renferme donc bien un glucoside hydrolysable par l'émulsine, glucoside donnant par hydrolyse fermentaire une matière colorante bleue. Ce glucoside, d'après les propriétés du liquide d'hydrolyse, est différent de l'aucubine; il était donc intéressant de chercher à l'extraire.

J'ai réussi cette extraction sur 5200g de *Monotropa Hypopitys* L. récoltés au cours du mois de juin 1921 et j'ai obtenu, à l'état pur et cristallisé, 2g du glucoside cherché pour lequel je propose le nom de *monotropéine*.

La monotropéine cristallise en prismes incolores et inodores, à saveur acide assez prononcée. En solution aqueuse, elle décompose le bicarbonate de soude avec abondant dégagement de gaz carbonique.

Elle est lévogyre :

$$\alpha_D = -130°,44 \; (p = 0,2089;\; v = 15;\; l = 2;\; \alpha = -3°38').$$

La monotropéine est hydrolysée par l'acide sulfurique à 3 pour 100 à la température du bain-marie bouillant. Il y a formation d'un précipité noir comparable à celui que donne l'aucubine dans les mêmes conditions, mais il ne se développe pas d'odeur aromatique, comme cela a lieu au cours de l'hydrolyse de l'aucubine.

La monotropéine est hydrolysée par l'émulsine. Le liquide se colore très rapidement en bleu et devient d'un bleu plus foncé que celui de la liqueur de Fehling. Puis, la teinte vire au violet en même temps qu'il se fait un abondant précipité bleu. Le liquide est entièrement décoloré par l'extrait de Saturne qui précipite la matière colorante.

Il n'est pas douteux que c'est à l'existence de la monotropéine qu'il faut

attribuer le noircissement du *Monotropa Hypopitys* L. au cours de la dessiccation : la monotropéine joue ici le même rôle que l'aucubine dans les Mélampyres, par exemple.

La découverte de la monotropéine suggère une réflexion d'ordre général. Elle montre, encore une fois, qu'il faut nécessairement extraire un glucoside à l'état pur pour affirmer sa nature exacte. En effet, certains auteurs ont affirmé la présence de la rhinanthine (aucubine) dans plusieurs plantes en se basant sur la formation d'un précipité noir sous l'action de l'acide sulfurique dilué. Si cette méthode contre laquelle j'ai déjà eu l'occasion de m'élever (¹) avait été appliquée au *Monotropa Hypopitys* L., on aurait conclu à la présence de l'aucubine dans cette plante, alors que le glucoside qu'elle renferme est absolument différent de l'aucubine.

PHYSIOLOGIE. — *Sur une sensibilité nouvelle du tact.*
Note de M. **Charles Henry**, présentée par M. d'Arsonval.

J'ai établi entre les durées T des longueurs d'onde d'extinction lumineuse de la masse atomique m par ses vibrations *propres* et les vitesses v de ces vibrations la relation

$$\frac{T^2 v^3}{m} = \frac{1}{2\pi^{\frac{1}{2}}\rho^{\frac{1}{2}}} = 3,707.10^7.$$

Les masses sont comptées en valeurs absolues ; $\pi = 3,1416$; $\rho = 5,79.10^7$; c'est la densité de l'éther.

Les durées sont de l'ordre de 10^{-13} ; elles constituent une des plus belles acquisitions à la fois théoriques et expérimentales de l'école de Planck (formules d'Einstein, Lindemann, Benedicks, Gruneisen, Debye, etc.); les espaces sont de l'ordre de 10^{-10}, les vitesses de l'ordre de 10^3 (C. G. S.).

Si des sujets rangent des masses *vraies* de 1^g, de même surface et de même hauteur de chute, dans un ordre de grandeurs apparentes qui concorde avec l'ordre des grandeurs des quotients $\frac{T^2}{m}$, (²) si, par exemple, ils estiment 1^g

(¹) M. Bridel et Mlle Braecke, *Sur la présence d'aucubine et de saccharose dans les graines de* Rhinanthus Crista-Galli *L. rhinanthine et aucubine. La rhinanthine est de l'aucubine impure* (*Bull. Soc. Chim. biol.*, t. 5, 1923, p. 18).

(²) Voir le Tableau ci-après. C'est l'expérience qui légitime le choix des facteurs $\frac{T^2}{m}$, v^3 et non T^2, $\frac{v^3}{m}$.

de Sn > 1g de C, comme $\frac{T^2}{m}$ est plus grand pour Sn que pour C, c'est qu'ils sont plus sensibles à $\frac{T^2}{m}$ qu'à v^3, ces deux quantités croissant en sens inverse l'une de l'autre. S'ils estiment que les masses apparentes grandissent dans l'ordre inverse, s'ils trouvent C > Sn, c'est qu'ils sont plus sensibles à la vitesse de la vibration atomique qu'à la durée de vibration de l'unité de masse, qui est la durée de vibration lumineuse absorbée; ils sont plus sensibles à une vitesse qu'à une durée.

Il est donc possible de mesurer par ces expériences la sensibilité au temps par rapport à la sensibilité à une vitesse, en somme, de doser une complexité inégale de la sensibilité qui, dans un cas, réagit à la masse et au temps, dans l'autre, à une vitesse, dont le cube est proportionnel au produit de la masse par le carré d'une fréquence.

Ces sortes d'enquêtes peuvent être utiles dans les offices d'orientation du travail, dont les méthodes sont souvent simplistes, quand elles ne sont pas inexactes. Par exemple, un sujet qui réagit à T et à m et non à v sera vraisemblablement un mauvais mécanicien, mais pourra être un bon comptable.

Dès maintenant, on peut affirmer que le champ des sensibilités du tact est beaucoup plus étendu que le suppose la psycho-biologie courante, car il existe un pourcentage notable de sujets réagissant systématiquement soit à $\frac{T^2}{m}$, soit à v^3. Un pourcentage, naturellement beaucoup plus faible, enregistre des réactions dépendant de la grandeur et des autres propriétés de la molécule de chaque substance. Chez des sujets sensibles ou convenablement entraînés, la réaction est donc incomparablement plus subtile et plus complexe que la sensation de la vie pratique.

Il sera facile de découvrir et d'explorer de nouvelles sensibilités en généralisant la présente méthode : il suffira de soumettre des sujets à des excitations identiques au point de vue des étalons de nos échelles pratiques de grandeurs, mais différentes essentiellement par des caractéristiques, qui soient accessibles seulement à une physique raffinée; et il conviendra d'enregistrer minutieusement leurs réactions.

Ces sensibilités sont les manifestations des actions *directes* qu'exercent les uns sur les autres, d'une part, les résonateurs gravitiques et électromagnétiques et, d'autre part, ces résonateurs biologiques spécifiques, dont l'existence est démontrable par les données classiques de la physiologie, quand elles sont précises, et par l'expérience psycho-physique, complétée, comme l'exige la méthode scientifique, par le calcul.

Dispositif expérimental. — Six petites plaques, pourvues d'une tige verticale terminée par un anneau, ont été fabriquées avec les corps suivants : carbone, cobalt, nickel, fer, plomb, étain.

Corps.	m rapportés à H = 1.	m absolus × 10^{23} (H = $1,46.10^{-24}$).	T^2.	$\frac{T^2}{m}$.	v^3.
C...	11,91	1,738	$7,29.10^{-28}$	$4,19.10^{-5}$	$8,83.10^{11}$
Co...	58,53	8,545	$1,21.10^{-26}$	$1,41.10^{-4}$	$2,62.10^{11}$
Ni...	58,21	8,498	$1,254.10^{-26}$	$1,48.10^{-4}$	$2,50.10^{11}$
Fe...	55,4	8,088	$1,19.10^{-26}$	$1,48.10^{-4}$	$2,50.10^{11}$
Pb...	205,45	30,00	$2,5.10^{-25}$	$8,33.10^{-4}$	$4,44.10^{10}$
Sn...	118,1	17,24	$1,6.10^{-25}$	$9,29.10^{-4}$	$3,98.10^{10}$

Le poids de chacune de ces plaques munies de leur tige est de 1^g (c'est pour des masses de cet ordre de grandeur que la sensibilité à la masse est minima ou $\frac{dm}{m}$ maximum). Des pesées ont permis de contrôler l'exactitude de ces poids à moins d'un dixième de milligramme près.

Pour expérimenter, on demande aux sujets de tendre la paume de la main droite. On introduit, hors de leur vue, deux poids de corps différents ou du même corps dans une boîte ouverte par le bas. Les poids sont enfilés à l'aide de leur anneau sur une longue épingle, afin que les hauteurs de chute soient identiques. On place la boîte par son côté ouvert sur les éminences de la paume au voisinage des doigts. On convient d'appeler 1 la position placée dans la région du nerf médian et 2 la position placée dans la région du nerf cubital. En retirant vivement l'épingle, on laisse tomber les poids sur la peau. A ce moment le sujet est prié de détourner ses regards et l'on ôte la boîte. On lui demande de faire de légers mouvements de la paume pour soupeser les deux poids et de dire si l'un des deux lui paraît plus lourd ou si les deux poids lui paraissent égaux. Il doit indiquer, dans le cas d'une perception de différence, la situation du corps qui lui paraît le plus lourd. On intervertit deux fois la position des corps et l'on met deux fois deux corps identiques, de façon à obtenir des réponses aux six questions nécessaires; par exemple, pour le plomb et pour le charbon, l'exploration porte sur :

$$C_{2,1} \not\asymp C_{1,2}, \quad Pb_{2,1} \not\asymp C_{1,2}, \quad Pb_{2,1} \not\asymp Pb_{1,2}.$$

PHYSIOLOGIE. — *Expériences sur une sensibilité nouvelle du tact.* Note de M. **Jules Courtier**, présentée par M. d'Arsonval.

Je n'ai expérimenté jusqu'ici que sur 19 sujets. La présente communication n'est donc qu'une Note préliminaire destinée simplement à marquer et à corroborer qu'il existe, comme l'a exposé M. Charles Henry, des sujets plus sensibles à la durée des vibrations atomiques qu'à leur vitesse ou réciproquement.

Classant mes sujets des moins sensibles aux plus sensibles, j'en ai rencontré 5 que j'appellerai du type indifférent, parce qu'ils ne discernent aucune inégalité, aucune dissemblance dans l'imposition des divers corps sur leurs mains. J'en ai trouvé 7 du type que j'appellerai instable, parce qu'ils donnent alternativement une prédominance à la caractéristique relative $\frac{T^2}{m}$ et à la caractéristique relative v^3. Chez deux hommes, la sensibilité prépondérante d'un territoire d'innervation cutanée (celui du nerf médian ou celui du nerf cubital) a dicté les réponses : systématiquement, les corps placés sur l'un de ces territoires ont paru plus lourds. Mai j'ai rencontré quatre sujets plus sensibles à v^3 qu'à $\frac{T^2}{m}$ et un sujet plus sensible à $\frac{T^2}{m}$ qu'à v^3. Se sont montrés sensibles à v^3, deux femmes dans le rapport, l'une de 6 cas sur 10, l'autre de 8 cas sur 10, et 2 hommes dans le rapport, l'un de 9 cas sur 12 et l'autre de 8 cas sur 10. Une femme s'est montrée sensible à $\frac{T^2}{m}$ dans le rapport de 7 cas sur 11.

Enfin, si l'on tient compte de toutes les remarques des sujets, les deux femmes sensibles à la caractéristique v^3 ont signalé des sensations concomitantes de celle de poids plus lourd, lors de l'imposition de certains corps. L'une a dit que le carbone lui produisait un chatouillement énervant, et que le plomb était « agrippant » ; l'autre que l'étain lui causait un fourmillement. Ces qualifications témoignent d'impressions complexes qu'il ne faut pas, comme on serait tenté de le faire de prime abord, juger imaginaires, car elles peuvent trouver leur explication dans les propriétés intimes des corps.

Un sujet homme, sensible à v^3, a indiqué comme égaux Fe et Ni, dont les v^3 (ainsi qu'il ressort des calculs de M. Charles Henry) sont égaux. Ni T^2, ni $\frac{v^3}{m}$ n'étant les mêmes pour Fe et Ni, ces sortes d'expériences justifient le choix des facteurs $\frac{T^2}{m}$ et v^3.

PHYSIOLOGIE. — *Sur un nouveau mode de sécrétion interne : La Neurocrinie.* Note de MM. P. **Masson** et **Louis Berger**, présentée par M. Roux.

On admet actuellement que les glandes à sécrétion interne élaborent des substances (*hormones* de Bayliss et Starling, *hormazones* de Gley, *autacoïdes* de Schafer) qui sont déversées dans la circulation lymphosanguine et véhiculées par elle vers les organes réceptifs sur lesquels s'exercerait leur action.

Ces glandes, que l'on pourait appeler avec plus de précision *hémocrines*, sont caractérisées morphologiquement par leur riche vascularisation et par l'orientation du pôle de décharge de leurs cellules vers les vaisseaux ou vers un système de lacunes en continuité avec ceux-ci.

Des recherches récentes nous permettent d'avancer que la voie hémolymphatique n'est pas la seule possible et qu'en particulier certains éléments glandulaires, inclus dans le tissu nerveux, déversent directement dans les nerfs leurs produits de sécrétion.

Les cellules de Kultschitzky ou cellules argentaffines sont des éléments prismatiques semés parmi les autres cellules — absorbantes ou muqueuses — de l'épithélium intestinal et caractérisées par une accumulation de grains réducteurs dans leur pôle basal. Les ressources de notre technique ne nous permettent pas de préciser la valeur ni la fonction de ces cellules à l'état normal. L'un de nous (1) a montré que dans certaines conditions anormales ces cellules, en surnombre, émigrent dans les nerfs du plexus périglandulaire et provoquent une hyperplasie de celui-ci. Ce *neurotropisme* strictement électif est très vraisemblablement la conséquence d'un lien intime, préexistant entre le système nerveux et les cellules de Kultschitzky. Au cours de la neurogénèse qui suit l'immigration intranerveuse des cellules argentaffines, on peut assister à la différenciation de celles-ci en éléments d'apparence ganglionnaire ou schwannienne, alors que d'autres restent

---

(1) P. Masson, *Les névromes sympathiques de l'appendicite oblitérante* (*Lyon Chir.*, mai-juin 1921); *Les lésions nerveuses de l'appendicite chronique* (*Comptes rendus*, 25 juillet 1921); *Les lésions nerveuses de l'appendice* (*Congrès de Méd.*, 1921, Strasbourg); *La neurogénèse dans la muqueuse de l'appendice pathologique. Rôle des cellules argent affine dans ce phénomène* (*Réun. de l'Assoc. d'Anat.*, Gand, 1922); *Les lésions du plexus nerveux périglandulaire dans l'appendicite chronique* (*Bull. et Mém. Soc. Méd. Hôp.*, Paris, juin 1922).

cylindriques, associées en minuscules vésicules, ou prennent une forme sphérique. Tous ces éléments, et particulièrement les derniers sont chargés de grains réducteurs. On peut, en outre, y mettre en évidence de nombreuses et fines gouttelettes lipoïdes. Celles-ci sont peu à peu éliminées par les cellules et on les retrouve, plus ou moins loin, dans les filets nerveux. Il est manifeste que, produites par ces cellules, elles en sont sorties, sont tombées dans le filet nerveux et y ont cheminé. Ici nous observons un phénomène de sécrétion intranerveuse indiscutable.

Lorsque ces cellules à fonction glandulaire subissent une hyperplasie telle que les nerfs ne puissent plus les contenir, elles s'accumulent, envahissent le tissu conjonctif qui développe à leur contact un système circulatoire comparable à celui des glandes hémocrines, mais, privées de leur émonctoire habituel qui est le nerf, elles accumulent leur produit de sécrétion et prennent un aspect spongiocytaire. Ainsi, secondairement se constitue, à partir de cellules purement neurocrines, une petite tumeur dont les éléments sont sans rapport avec les nerfs et ordonnés autour des vaisseaux; ils empruntent aux vaisseaux des substances nutritives mais n'y déversent pas les produits de leur activité.

Des faits de même ordre s'observent au niveau des cellules de Leydig ou interstitielles du testicule humain.

L'un de nous [1] a pu montrer par l'étude de testicules normaux et pathologiques que d'une part les cellules interstitielles étaient loin d'affecter une disposition périvasculaire aussi nette que le voulait Waldeyer, et que d'autre part ces cellules n'étaient pas limitées au testicule, mais se rencontraient presque régulièrement dans l'albuginée, le hile, voire même assez loin dans le cordon. Or *en dehors du parenchyme testiculaire propre*, toutes ces cellules ont des connexions nerveuses absolument constantes et intimes : elles sont incluses entre les fibres de Remak ou accolées aux filets nerveux. Jamais on n'en trouve d'isolées dans le tissu conjonctif banal. La continuation de la glande interstitielle dans les nerfs se manifeste avec une netteté toute particulière sur certains points périphériques du testicule, où les nerfs pénètrent dans les septes interlobulaires. Il s'agit donc, là aussi, de la manifestation morphologique d'un *neurotropisme des cellules de Leydig*.

---

[1] Louis Berger, *Les cellules neurotropes dans les glandes sexuelles de l'espèce humaine* (*Réunion de l'Assoc. d'Anat.*, Lyon, 1923). *La glande sympathicotrope du hile de l'ovaire; ses homologies avec la glande interstitielle du testicule. Les rapports nerveux des deux glandes* (*Arch. d'Anat., d'Histol. et d'Embryol.*, t. 2, 1923, p. 255).

Du moment que ce neurotropisme existe au niveau des filets nerveux, visibles sans technique spéciale, on peut penser que ce caractère biologique existe aussi à l'intérieur du testicule, où les fibrilles nerveuses terminales opposent à leur mise en évidence les plus sérieuses difficultés.

Un tissu semblable à celui du testicule se trouve au niveau du hile de l'ovaire et a reçu à cause de ses connexions nerveuses spéciales le nom de tissu « sympathicotrope ».

Ces deux exemples auxquels nous nous proposons d'en ajouter d'autres permettent d'admettre que certains tissus endocriniens peuvent, même si leur orientation vasculaire est précise, ne pas déverser leurs produits dans le sang ou la lymphe, mais directement dans les nerfs; que ces produits peuvent y circuler au même titre que certaines toxines (toxine tétanique), agir avec une intensité et une électivité d'autant plus grandes qu'ils sont mis au contact des tissus réceptifs sans dilution préalable. A côté des glandes hémocrines et de leurs hormones, il convient donc d'envisager l'existence des *glandes neurocrines* et de *neurhormones*.

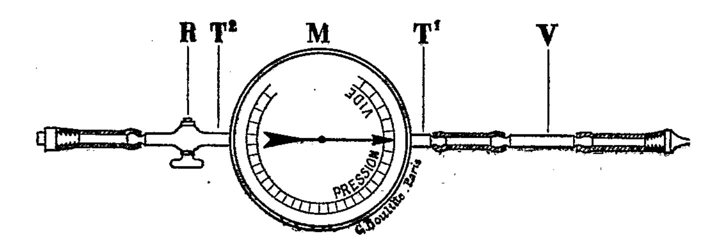
La *Neurocrinie* permet dès maintenant de comprendre certains faits où les théories hormonales courantes se montrent insuffisantes et doivent être complétées par des hypothèses auxiliaires. C'est le cas du gynandromorphisme de certains oiseaux. Pour expliquer le plumage double de ces hermaphrodites vrais, du type mâle du côté possédant un testicule, femelle du côté possédant un ovaire, il fallait admettre jusqu'ici une réceptivité spéciale du soma et postuler une sexualité somatique. Si l'on accepte la neurocrinie, cette distribution symétrique des caractères sexuels secondaires s'explique aisément par la bilatéralité des voies nerveuses où se déverseraient chacune des deux neurhormones sexuelles.

PHYSIOLOGIE. — *Mensuration de la pression artérielle par la méthode sanglante. Procédé hémodynamométrique très exact et d'application courante.* Note de M. **Louis Desliens**, présentée par M. Henneguy.

Le jour où nous avons reconnu la possibilité de ponctionner impunément les artères chez les animaux à l'aide d'aiguilles à injections, il nous est apparu que du même coup l'hémodynamométrie entrait dans le domaine des observations courantes,

Nous avons *mis au point* un hémodynamomètre qui donne à volonté l'évaluation des pressions maxima et minima et l'évaluation de la pression moyenne.

Description de notre hémodynamomètre. — La partie essentielle de l'appareil est un manomètre métallique, genre manomètre Potain (M), auquel nous avons fait subir diverses modifications. Dans le but de pouvoir remplir de liquide la cuvette anéroïde et d'éviter ainsi la compressibilité de l'air qui amortirait les oscillations rapides de la pression, la cuvette communique avec l'extérieur par deux petits tubes opposés l'un à l'autre sur le diamètre vertical de l'appareil. Au tube inférieur (T_1) font suite successivement un



petit raccord en caoutchouc, puis un tube de verre (V) qui permet de voir le contenu de la canalisation, enfin un deuxième raccord armé d'un ajutage métallique qui peut s'adapter sur l'aiguille exploratrice. Le petit tube situé en haut de l'appareil (T_2) porte un robinet (R) puis un ajutage métallique dans l'orifice duquel peut s'adapter l'extrémité d'une seringue de Pravaz.

La cuvette anéroïde est construite peu expansible de telle sorte qu'à une variation déterminée de pression ne correspond qu'une très faible variation de volume de la cuvette.

L'hémodynamomètre est gradué en centimètres de mercure.

Fonctionnement de l'appareil. — Avant toute observation, il faut remplir l'instrument à l'aide d'une solution saline, anticoagulante (solution de sulfate de soude à $\frac{150}{1000}$ environ); à cet effet, on tient verticalement l'appareil, la branche qui porte le robinet étant située en bas et à l'aide d'une seringue on injecte la solution dans l'instrument à deux ou trois reprises, tant qu'on voit des bulles d'air passer dans le tube de verre.

Pour pratiquer l'observation, il suffit d'appliquer l'extrémité de l'hémodynamomètre dans l'embouchure de l'aiguille qui plonge dans l'artère.

Au cours d'une observation de longue durée, afin de retarder la coagulation du sang dans la lumière de l'aiguille, avec une seringue, on injecte de temps en temps par l'extrémité supérieure de l'appareil quelques centimètres cubes de solution anticoagulante.

Dès que l'appareil est relié à l'artère, la flèche manométrique se met en mouvement, animée de déplacements de va-et-vient alternatifs. Le point

culminant de l'ascension de l'aiguille et le point le plus bas indiquent les valeurs des pressions artérielles maxima et minima.

Au surplus, la flèche manométrique, par les variations qu'elle présente dans la vitesse de ses mouvements, extériorise la forme de la pulsation; l'hémodynamomètre tient ainsi lieu de sphygmoscope. Il rend aussi les plus légères arythmies parfaitement saisissables.

Pour mesurer la pression moyenne, on pourrait interposer, sur la canalisation qui relie le manomètre à l'artère, un robinet à double voie, l'une large, l'autre finement capillaire qui amortirait à volonté les oscillations. Plus couramment, au cours de l'observation, nous adaptons sur la partie supérieure de l'appareil une seringue de 20^{cm^3} au moins, contenant un peu de solution anticoagulante et beaucoup d'air, nous ouvrons le robinet et nous comprimons légèrement le contenu de la seringue pour empêcher le sang de monter dans l'appareil. La compressibilité de l'air entraîne aussitôt l'immobilisation de la flèche manométrique qui indique alors très exactement la valeur de la pression artérielle moyenne.

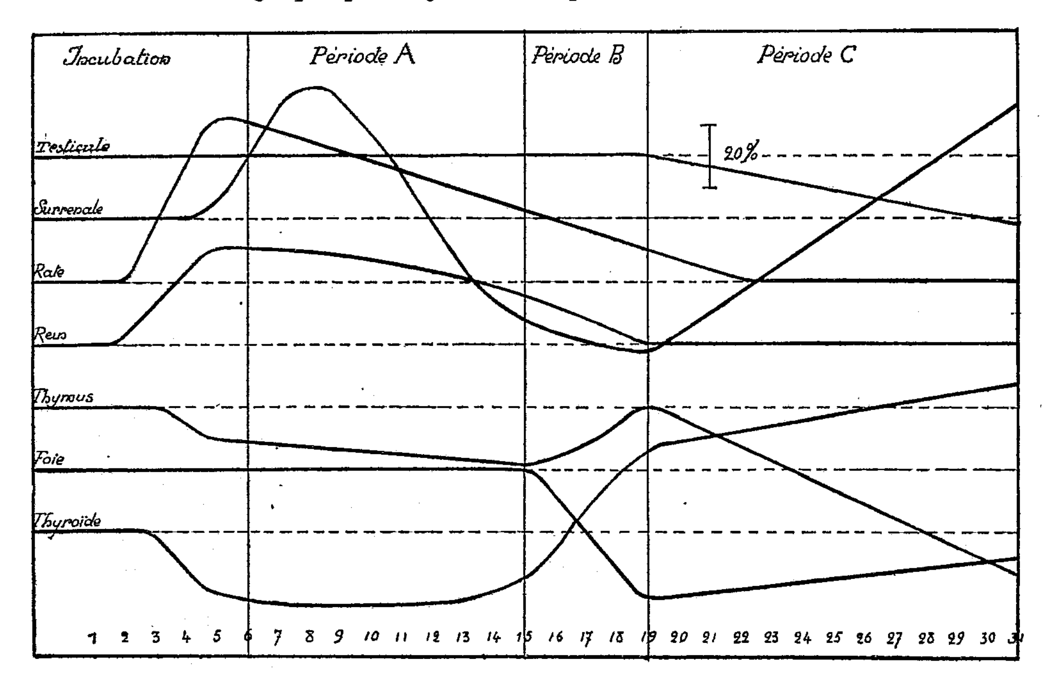
Notre méthode hémodynamométrique surpasse en simplicité et en exactitude tous les procédés de mesure de la pression sanguine utilisés jusqu'à ce jour : procédés sphygmomanométriques en clinique humaine, procédés hémodynamométriques au laboratoire. Ne nécessitant aucun moyen de contention ou de contrainte de l'animal, elle permet seule de pénétrer furtivement dans l'intimité de la fonction circulatoire sans mettre en éveil le système nerveux dont cette dernière dépend. Autant par l'extrême simplicité des conditions expérimentales auxquelles l'animal est soumis, que par la simplicité instrumentale elle-même, elle s'accompagne du minimum de causes d'erreur. Elle permet de contrôler, de rectifier de nombreuses connaissances acquises; applicable en tout lieu, elle permet d'entreprendre une multitude de recherches nouvelles avec une sûreté et une facilité jusqu'alors inconnues.

PHYSIOLOGIE. — *Modifications pondérales des organes chez le Cobaye au cours de l'avitaminose C.* Note de M. **J. Lopez-Lomba**, présentée par M. Henneguy.

Dans une Note précédente (¹), nous avons exposé nos résultats concernant les modifications pondérales des organes chez le Pigeon au cours de

(¹) J. Lopez-Lomba, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1417.

l'avitaminose B. Nous avons réalisé la même étude chez les Cobayes scorbutiques. Dix Cobayes adultes furent soumis au régime composé de : farine de haricots blancs (cuite) 84^g, levure de bière granulée 3^g, graisse de beurre 4^g,5, lactate de chaux 5^g, chlorure de sodium 1^g,5 et papier-filtre 2^g. Ce régime est uniquement dépourvu de facteur C (¹). Quatre Cobayes furent laissés comme témoins et recevaient 3$^{cm^3}$ de jus de citron par jour. Comme nous l'avons fait pour les Pigeons, tous les Cobayes furent sacrifiés (saignés par ponction du cœur), au bout de 3, 5, 8, 15, 19 et 31 jours. Leurs organes furent pesés et les pourcentages d'augmentation ou de diminution de poids par rapport à leurs poids primitifs (calculés d'après les témoins) furent inscrits dans le graphique ci-joint. Les poids des organes furent toujours



calculés par kilogramme de poids initial du corps. Nous ferons remarquer qu'étant donné le nombre relativement faible d'animaux employés dans cette expérience, les résultats inscrits dans le graphique n'ont peut-être pas, en valeur absolue, toute la précision désirée, mais ils indiquent certainement le sens des phénomènes.

De l'étude comparée des troubles présentés par les animaux (²) et des

(¹) J. Lopez-Lomba et Mme Randoin, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1003.

(²) J. Lopez-Lomba et Mme Randoin, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1573.

variations des organes, il s'est dégagé qu'il y a intérêt à considérer dans le scorbut aigu quatre périodes que nous appellerons : période d'incubation et périodes A, B et C. Contrairement à ce qui se produit dans l'avitaminose B, tout concorde pour prouver que, dans le scorbut, il existe au début une phase d'hypoparasympathicotonie et d'hypersympathicotonie (période A), suivie d'une deuxième phase où l'inverse se produit (périodes B et C).

1° *Période d'incubation* (du 1er au 6e jour environ). — Pendant cette période, aucun symptôme ne permet de distinguer les Cobayes privés du facteur C des témoins. Pourtant le thymus et la thyroïde sont déjà atrophiés, la rate et le rein hypertrophiés.

2° *Période A* (du 6e au 15e jour environ). — La surrénale s'hypertrophie. Or, les Cobayes présentent pendant cette période un état d'excitation souvent très net. La thyroïde s'atrophie et l'on sait que Cyon a montré que l'ablation de la thyroïde produit l'hypertonie du sympathique. Le thymus, glande hypervagotonique, s'atrophie. Le rein est hypertrophié et Cohen a signalé le premier la polyurie des Cobayes scorbutiques pendant la deuxième semaine. Enfin, c'est vers la fin de cette période que se produit l'avortement chez les Cobayes privés du facteur C. Or, d'une part, on connaît l'influence du sympathique sur les contractions utérines; d'autre part, l'ablation de la glande thyroïde provoque l'avortement chez le Porc.

3° *Période B* (du 15e au 19e jour environ). — Vers le milieu de cette période, l'agitation des Cobayes fait nettement place à de la dépression, ce qui coïncide à peu près avec le poids minimum des surrénales. Les animaux semblent entrer dans une phase d'hyperparasympathicotonie et d'hyposympathicotonie. Ils commencent à avoir de la diarrhée qui, à notre avis, s'explique surtout par l'exagération du péristaltisme intestinal jointe au relâchement des sphincters. Elle n'est certainement pas due aux fermentations intestinales ou à l'augmentation de l'activité bactérienne. [Kerr et Lewis(1) ont montré qu'il n'y a pas de changement de l'élimination des phénols ni dans leur degré de conjugaison; Torrey et Hess(2) ont trouvé que le nombre des bactéries intestinales est considérablement diminué chez les Cobayes scorbutiques.] Les animaux ont de la boulimie pendant cette période et les ingesta passent par un maximum.

4° *Période C* (à partir du 19e jour environ). — En plus des symptômes

(1) *Amer. J. of Physiol.*, t. 44, 1917, p. 586.
(2) *Proc. of the Soc. f. Exp. Biol. and Med.*, t. 15, 1918, p. 74.

précédents qui s'accentuent, on constate les hémorragies, la chute du poids et souvent l'érection de la verge. Le foie, qui s'atrophie dès la période B, reste invariable pendant celle-ci. Le testicule s'atrophie légèrement; la thyroïde et la surrénale s'hypertrophient, mais par infiltration hémorragique. Mc Carrison a trouvé à ce moment dans les surrénales une quantité d'adrénaline très inférieure à la normale. L'appétit reste bon jusqu'au dernier jour, mais la diarrhée augmente. La perte de poids doit s'expliquer en partie par l'accélération de la traversée digestive.

PHYSIOLOGIE. — *Le pneumoanesthésiographe*. Note de M. F. **Franchette**, présentée par M. R. Bourgeois.

L'appareil, auquel j'ai donné le nom de pneumoanesthésiographe, est destiné à évaluer et à enregistrer l'amplitude et la fréquence des mouvements respiratoires pendant l'anesthésie par le chlorure d'éthyle, le bromure d'éthyle, l'éther ou le chloroforme.

Cet appareil est la synthèse de plusieurs appareils : le pneumographe, le spiromètre et les cornets à anesthésie. D'une grande sensibilité, chronométré d'une manière rigoureuse à une fraction de seconde, cet appareil permet d'obtenir un tracé ininterrompu pendant toute la durée de l'anesthésie générale, indiquant le nombre, la fréquence, l'amplitude et le rythme des mouvements respiratoires. C'est assez dire les avantages qu'il présente au physiologiste pour les recherches expérimentales, au médecin dans les maladies dyspneisantes chroniques ou paroxystiques, au chirurgien et au dentiste dans les anesthésies générales qu'ils pratiquent si quotidiennement au cours de leurs interventions opératoires.

L'appareil se compose, en premier lieu, d'un mouvement d'horlogerie qui déroule une bande de papier, laquelle peut avoir, comme cela existe du reste dans les appareils de réception télégraphique, une longueur pour ainsi dire indéfinie.

Sur le mouvement d'horlogerie qui sert de base à l'appareil est fixée une colonne qui supporte elle-même une boîte en forme de pyramide tronquée; cette boîte, sur ses faces latérales, est pourvue de deux tubes fixés sur ses parois dans le prolongement l'un de l'autre, laissant entre eux un vide constitué par la boîte de forme pyramidale; dans l'intérieur de cette boîte et à sa partie médiane se trouve une valve pivotant sur un axe dont les frottements sont réduits au minimum. Cette valve est mise en mouvement par l'air inspiré dans un sens et par l'air expiré dans l'autre. Sur le prolongement de l'axe sortant de la boîte se trouve fixé le style amplificateur portant à son

extrémité une plume de forme particulière qui trace une courbe sur le papier déroulé par le mouvement d'horlogerie. Un dispositif particulier et d'un réglage facile permet de faire varier, dans diverses proportions, l'amplitude et aussi la sensibilité de la valve.

La difficulté qui se présentait d'avoir un papier destiné à l'inscription qui fût réglé à l'avance, surtout pour des longueurs pouvant atteindre 30^{m} ou 40^{m}, nous a conduit à joindre à notre appareil un organe qui réglerait ce papier à mesure qu'il se déroulerait pour l'inscription. Nous avons construit pour obtenir ce résultat un électro-aimant vulgairement appelé électro-avaleur. Le dispositif est placé à la base de l'appareil dérouleur et perpendiculairement à la bande de papier. Sur le prolongement de la barre de fer doux de l'électro-aimant se trouve fixée une plume dont le tracé divise la feuille en deux parties dans le sens longitudinal. Toutes les 15 secondes un contact est donné par un chronomètre à l'électro-aimant qui quitte alors sa position de repos pendant une fraction de seconde pour tracer sur la bande un trait perpendiculaire à la division longitudinale. La bande de papier se trouve ainsi divisée en deux sens : 1° par un trait longitudinal servant de base au tracé inscrit par les inspirations et les expirations; 2° par un trait perpendiculaire au premier divisant la bande en sections régulièrement chronométrées permettant d'en constater leur nombre concurremment avec leurs variations.

Le pneumoanesthésiographe peut être intercalé dans tous les appareils servant à donner l'anesthésie générale; il suffit, pour l'utiliser, de sectionner le tube de caoutchouc reliant l'appareil lui-même au masque que l'on place sur la bouche et le nez du patient et de relier l'appareil dans la coupure.

Applications. — C'est surtout en chirurgie générale et en art dentaire que le pneumoanesthésiographe rencontre ses plus fréquentes et plus utiles indications.

Cet appareil qui permet de recueillir à mesure qu'ils se produisent et par une méthode graphique ininterrompue la fréquence, l'intensité, le rythme, la régularité des mouvements respiratoires, est appelé à rendre de très grands services aux opérateurs et aux aides chargés d'administrer l'anesthésie générale.

Si l'aide est suffisamment renseigné sur le pouls par la palpation de l'artère radiale, sur l'état de la pupille, il l'est moins d'ordinaire sur les mouvements respiratoires, surtout au début de l'anesthésie quand le malade n'est pas complètement endormi et ne présente pas cette respiration bruyante et stertoreuse, bon signe d'une anesthésie efficace et profonde.

Or, dans les accidents causés par les anesthésiques, le chloroforme en particulier, les troubles respiratoires précèdent souvent les accidents cardiaques. Pressentir ces troubles, les deviner, les voir, en apprécier l'étendue et l'ampleur, c'est ce que permet de faire le pneumoanesthésiographe.

L'appareil est simple et possède toutes les qualités utiles du pneumographe, du spiromètre et de l'appareil à anesthésie.

De plus, il est enregistreur, et donne ainsi une courbe chronométrée et ininterrompue pendant toute la durée d'une intervention chirurgicale.

Il peut être intéressant dans les observations physiologiques, mais son utilisation pratique se trouve surtout en chirurgie opératoire et en art dentaire.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *La composition des œufs au cours de l'ovogenèse chez la grenouille rousse* (Rana fusca). Note de MM. **Émile-F. Terroine** et **H. Barthélemy**, présentée par M. Henneguy.

Par des recherches antérieures, l'un de nous (¹) a établi la possibilité d'observer, en dehors de l'organisme, la maturation d'œufs de grenouille rousse, qu'il s'agisse d'œufs ovariens, utérins ou prélevés dans la cavité générale. Toutefois, pour les œufs ovariens, une telle possibilité n'existe que si le prélèvement est opéré à l'époque de la ponte. Toutes les tentatives faites jusqu'à présent sur des œufs ovariens prélevés antérieurement à cette époque ont échoué.

Une telle constatation amène évidemment à se demander si la maturation ne se produit normalement *in vivo*, si elle n'est réalisable *in vitro* que lorsque l'œuf a atteint une composition chimique déterminée. S'il en est bien ainsi, on devrait observer, pendant tout le cours de la formation des œufs, une variation qualitative progressive de leur composition, aboutissant, au moment de la ponte, à une constitution caractéristique de l'œuf prêt à subir l'ensemble des phénomènes nucléaires et cytoplasmiques qui constituent la maturation. C'est ce que nous avons recherché en nous limitant tout d'abord à la détermination de l'eau, des matières protéiques, des corps gras et de la cholestérine.

Dans ce but nous avons recueilli à peu près tous les mois et pendant un an, en commençant immédiatement après la ponte et jusqu'à la ponte suivante, des lots de grenouilles dont nous avons extrait les ovaires aux fins d'analyses. Afin de nous rendre compte de l'allure du développement pondéral, nous avons, dans tous les cas, déterminé tout d'abord le rapport du poids des ovaires au poids du corps, rapport dont on sait d'après nos

(¹) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 1102 et 1248.

recherches antérieures (1) qu'il atteint une valeur caractéristique au moment de la ponte, à peu près identique pour tous les sujets, de 15 pour 100. Des impossibilités techniques s'opposant à la détermination de tous les éléments étudiés sur un même ovaire, nous avons, sur un certain nombre de lots, dosé l'eau par dessiccation à poids constant, puis N total (méthode de Kjeldahl) sur le résidu sec; sur d'autres lots, ont été dosés les acides gras totaux (méthode de Kumagawo-Suto) et la cholestérine (méthode de Windaus).

Chaque lot comportait de 6 à 12 sujets. Les résultats rapportés dans le Tableau ci-dessous représentent, pour chaque lot, la moyenne des valeurs expérimentales trouvées.

		Composition.				
Dates.	Rapport $\frac{\text{Poids ovaire}}{\text{Poids total}}$.	Teneur en eau.	Teneur en matières protéiques ($N \times 6,25$)	Teneur en substances grasses.	Teneur en cholestérine.	Total.
22-29 mars	1,57	84,48	13,1	1,57	0,19	99,36
21 août	4,82	72,74	18,8	5,51	0,67	97,72
6-7 septembre	7,41	63,27	26,4	6,80	0,54	97,01
23 septembre	7,93	62,96	25,7	8,26	0,84	97,76
8-10 octobre.........	9,04	59,06	29,4	8,49	0,56	97,51
31 oct.-2 nov........	10,49	56,86	32,1	9,20	0,71	98,87
28-29 novembre......	12,40	55,91	30,9	9,54	0,47	96,82
31 déc.-1er janv......	11,67	56,32	30,7	9,13	0,64	96,71
10 février...........	12,58	58,12	29,8	8,59	0,54	97,05
Fin févr.-début mars .	15,00	59,3	27,9	10,3	0,62	98,72

Les variations du rapport $\frac{\text{Poids ovaire}}{\text{Poids total}}$ montrent tout d'abord que la croissance des œufs est à peu près régulière pendant tout le cours de l'année. On est loin d'assister à la même régularité si l'on passe de l'examen du développement pondéral à celui de la composition. Deux phases distinctes apparaissent : la première qui s'étend jusqu'au début d'octobre et au cours de laquelle la composition varie; la seconde qui s'étend du début d'octobre jusqu'au moment de la ponte, caractérisée par la fixité de composition. Dans la première, l'accroissement des éléments constitutifs des ovaires est inégal; l'organisme cède aux ovaires de grandes quantités de matières protéiques et de substances grasses et peu d'eau. Dans la seconde, l'organisme apporte régulièrement aux ovaires une même proportion d'eau, de matières protéiques et de graisses.

(1) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 740.

Si donc nous constatons pendant les six derniers mois de l'ovogenèse une augmentation pondérale régulière, nous ne pouvons par contre saisir aucune évolution qualitative des œufs. Il résulte de cette constatation que la simple détermination des teneurs en eau, en protéiques et en graisses ne permet pas d'atteindre une caractéristique biochimique de l'œuf prêt à subir la maturation.

Est-ce à dire qu'il faille définitivement abandonner toute idée de relier l'apparition des phénomènes de maturation à celle d'une constitution chimique déterminée, caractéristique? En aucune manière. Les résultats acquis appellent simplement une série d'investigations plus intimes, actuellement entreprises, en vue de répondre aux questions suivantes : Y a-t-il évolution dans la constitution des acides gras ? Y a-t-il modification de proportion des composés dans lesquels ces acides gras sont engagés : graisses neutres et phosphatides ? Y a-t-il évolution dans la constitution des protéiques ? Y a-t-il variation du taux des substances nucléiniques ?

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Recherches de petites quantités d'antimoine et de bismuth dans les liquides biologiques.* Note de MM. **Caille** et **E. Viel**, présentée par M. A. Béhal.

Dans une Note publiée antérieurement ([1]), nous avons signalé la préparation d'iodostibinates, composés jaunes d'or obtenus amorphes par précipitation à froid d'une dissolution chlorhydrique de chlorure d'antimoine même très étendue au contact d'une solution d'iodure de potassium et d'un sel d'alcaloïde comme le chlorhydrate de quinine, ou d'iodure de potassium et d'un autre corps à fonction amine, l'antipyrine par exemple. La formation des iodostibinates est une réaction très sensible, facile à observer sur de petites quantités de liqueurs, nous l'avons utilisé pour mettre en évidence des traces d'antimoine.

Le but de la présente Note est de décrire un procédé simple et rapide pour rechercher l'antimoine dans l'urine et dans les autres liquides biologiques. Nous espérons que notre travail sera utile aux cliniciens pour l'étude qualitative de l'élimination des composés antimoniés employés en thérapeutique.

Les solutions acides de sels de quinine ne sont pas stables en présence d'iodure de potassium, elles laissent en quelques jours déposer des cristaux

([1]) Caille et Viel, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1156.

bruns d'un periodure en même temps qu'elles perdent leur sensibilité vis-à-vis de l'antimoine; aussi, pour nos recherches, avons-nous adopté comme réactif une solution concentrée d'antipyrine contenant de l'iodure de potassium. La formule qui nous a donné les meilleurs résultats est la suivante :

Antipyrine		1^g
Iodure de potassium		2^g
Eau distillée	q. s.	30^{cm^3}

Ce réactif est très stable, de conservation indéfinie; il donne avec les solutions de chlorure d'antimoine additionné de $\frac{1}{5}$ de leur volume d'acide chlorhydrique un précipité jaune d'or amorphe observable sur moins de $0^{cm^3},5$ d'une liqueur contenant $\frac{1}{20000}$ d'antimoine, ce qui permet de mettre en évidence moins de $0^{mg},025$ d'antimoine.

Cette même réaction peut encore être effectuée par mélange d'une goutte de liqueur antimonieuse chlorhydrique avec une goutte de réactif déposée sur une lame de verre, la formation du précipité d'iodostibinates étant observée au microscope. La sensibilité atteint $\frac{1}{200000}$.

Remarquons toutefois que l'action de notre réactif n'est spécifique que si l'on tient compte de la couleur jaune d'or du précipité; il décèle, en effet, dans les mêmes conditions expérimentales et avec une sensibilité du même ordre, le bismuth par un précipité rouge brique d'iodobismuthate, le mercure par un précipité blanc jaunâtre d'iodomercurate et les sels ferriques par formation d'un précipité rouille; aussi, au cours des manipulations que nous allons décrire, faut-il éviter de faire usage d'objets en fer, en particulier de pinces.

Pour la recherche du bismuth dans les liquides biologiques, l'emploi de notre réactif est préférable à ceux de Léger, d'Aubry et de Ganassi (1).

La recherche de l'antimoine ou du bismuth dans les liquides biologiques doit être faite sur des échantillons exempts de sang et après destruction de la matière organique. La technique employée par nous est la suivante :

100^{cm^3} d'urine ou 10^{cm^3} de liquide céphalo-rachidien provenant d'une ponction blanche sont évaporés à sec au bain-marie dans une capsule de quartz, puis incinérés au four à moufle; la destruction de la matière organique est achevée par addition de quelques gouttes d'acide azotique fumant sur la capsule chaude; après évaporation à sec, les cendres blanches sont dissoutes à chaud dans 1 à 2^{cm^3} d'acide chlorhydrique au $\frac{1}{5}$ et $0^{cm^3},5$ de ce liquide filtré est ajouté à 2^{cm^3} de réactif à l'antipyrine.

(1) Ganassi, *Boll. Chim. Farm.*, t. 61, 1922, p. 321, analysé dans *J. Pharm. et Chim.*, t. 27, 1923, p. 7.

La présence de l'antimoine se traduit par la formation immédiate d'un précipité jaune d'or et celle du bismuth par un précipité rouge brique.

Si d'ailleurs le moindre doute subsiste sur la couleur du précipité, il suffit de le rassembler par centrifugation et de dissoudre le culot par chauffage au bain-marie avec quelques gouttes d'une solution de sulfure de sodium à 1 pour 100; après refroidissement l'addition ménagée d'acide chlorhydrique dilué au $\frac{1}{20}$ fait apparaître l'antimoine à l'état de sulfure orangé; dans les mêmes conditions le bismuth et le mercure donnent des précipités noirs faciles à différencier par leurs caractères analytiques; le sulfure de fer ne se formant pas en milieu acide ne peut souiller les précipités ainsi obtenus.

Les liquides biologiques normaux traités par notre technique ne fournissent pas de précipités, de sorte que l'emploi de notre réactif permet de suivre l'élimination des médicaments antimoniés ou bismuthiques.

Nous avons pu, en appliquant notre procédé, mettre l'antimoine en évidence dans l'urine d'un sujet 4 heures après une seule friction au pli du coude, d'une pommade contenant 2 pour 100 d'antimoine; ce qui démontre à la fois la réalité de l'absorption de l'antimoine par la peau et l'extrême sensibilité du réactif dont nous préconisons l'emploi.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Production d'acide β-oxybutyrique par certaines bactéries du groupe du* B. subtilis. Note de M. **Lemoigne**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Les bactéries du groupe du *B. subtilis* attaquent énergiquement les matières protéiques et, bien qu'elles préfèrent les milieux complexes, riches en hydrates de carbone, elles peuvent se développer dans un bouillon minéral ne renfermant comme matière organique que de la caséine, de la peptone ou de la gélatine.

Dans ces conditions, il n'y a production ni d'acétylméthylcarbinol, ni de 2.3-butylèneglycol, mais j'ai constaté celle d'acétone et celle d'aldéhyde acétique. A. Berthelot et Mlle E. Ossart ont déjà signalé la formation d'acétone par ces bactéries en milieu hydrocarboné [1]. En poursuivant ce travail, j'ai observé un fait dont je tiens à rendre compte dans la présente Note : c'est la présence d'acide β-oxybutyrique dans les macérations de certains microbes du groupe du *B. subtilis*.

J'ai cultivé les bactéries sur gélose en boîtes de Roux. Le milieu gélosé

---

[1] A. Berthelot et Mlle E. Ossart, *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 792.

était du bouillon de viande sucré à 2 pour 100 et alcalinisé au tournesol. Après 3 à 4 jours, j'ai mis les microbes en suspension dans un liquide stérile (eau ou milieu minéral). Dans ces conditions, certaines macérations deviennent rapidement et fortement acides. Un microbe, notamment, m'a permis d'obtenir des résultats très nets. Cette bactérie se rapproche beaucoup, quant à ses caractères morphologiques et ses propriétés biochimiques du *B. megatherium*. Voici quelques résultats qui donnent l'allure générale du phénomène :

La dilution est faite à raison de 5 boîtes de Roux pour 500^{cm^3}. L'acidité prise à la phénolphtaléine est exprimée en grammes de SO^4H^2 par litre de dilution.

Numéro.	Au début.	12 heures.	24 heures.	36 heures.	60 heures.	3 jours.	7 jours.	17 jours.
II.....	-	0,93	-	1,37	1,37	-	-	1,60
VI.....	-	0,74	-	1,00	-	-	-	1,37
III.....	0,44	-	0,88	-	-	0,98	1,03	-
IV.....	0,49	-	1,03	-	-	1,11	1,22	-

L'acidification est très rapide au début.

Les acides volatils n'existent qu'en très faible quantité. Le cas suivant est celui dans lequel l'acidité volatile était maxima. Sur 600^{cm^3}, j'ai distillé 150^{cm^3}, soit 25 pour 100. L'acidité est exprimée en grammes de SO^4H^2.

Acidité totale de la culture.....................	0,960
» » du distillat........................	0,011
» » du résidu fixe....................	0,930

Il résulte de ces chiffres que l'acidité observée est due à des acides fixes.

La dilution est évaporée au bain-marie et le résidu repris par 5^{vol} d'alcool à 96°. Le filtrat est concentré dans le vide et l'extrait dissous dans un peu d'eau. Si la précipitation des matières azotées n'est pas complète, on refait un deuxième traitement à l'alcool. Le sirop obtenu, facilement soluble dans l'eau et l'alcool, est décoloré par le noir. Sa solution, sans action sur la liqueur cupro-potassique, est nettement lévogyre. Distillée en présence du mélange acide sulfurique et bichromate de potassium, elle donne de l'acétone que j'ai caractérisé par la réaction de l'orthonitrobenzaldéhyde (formation d'indigo).

Enfin, en distillant cet acide avec de l'acide sulfurique, on obtient, après passage de l'eau, un liquide huileux, incolore, qui se prend en une masse cristalline formée, suivant les conditions, de fines aiguilles ou de tablettes transparentes. Ces cristaux sont très acides, peu solubles dans l'eau et

donnent avec le nitrate d'argent un précipité blanc cailleboté soluble dans l'ammoniaque.

Ces cristaux essorés, desséchés dans le vide sur acide sulfurique, fondent à 70°-71°. Ces caractères correspondent à ceux de l'acide α-crotonique $CH^3 - CH = CH - COOH$.

Le pouvoir rotatoire gauche, la production d'acétone par le mélange chromique, celle de l'acide α-crotonique par distillation en milieu sulfurique caractérisent l'acide β-oxybutyrique.

Les exemples suivants donnent les poids de cet acide dans 500^{cm^3} de dilution :

Essai 76 I	1g,61
Essai 79 II	1g,43

A. Renshaw et Th. Fairbrother ([1]) ont signalé la présence d'acide β-oxybutyrique dans les cultures d'un microbe anaérobie facultatif donnant de l'alcool butylique normal et de l'acétone. Mais ces auteurs, qui n'indiquent aucune réaction pour caractériser cet acide, l'ont recherché dans le distillat, alors qu'en fait on ne peut le trouver que dans le résidu fixe.

Des recherches en cours permettront peut-être d'apporter quelque renseignement sur l'origine de cet acide.

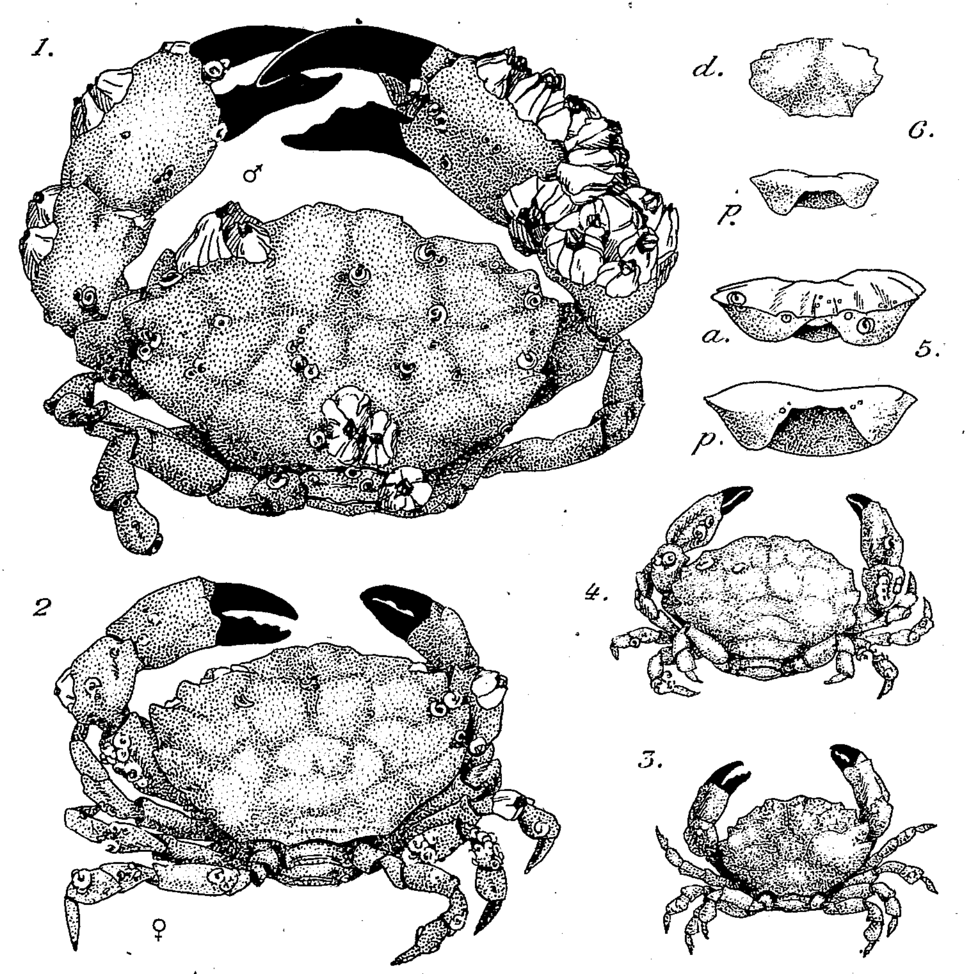
En résumé, des macérations dans l'eau distillée stérile de certains microbes du groupe du *B. subtilis* s'acidifient rapidement et fortement par suite de la production d'acide β-oxybutyrique, corps qui est éliminé fréquemment par l'organisme des animaux supérieurs et souvent en quantité considérable.

ZOOLOGIE. — *Sur la mue des Crustacés Décapodes parasités par des Épicarides.* Note de M. **Charles Pérez**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

On sait que les Épicarides, en vivant aux dépens de leur hôte, déterminent chez celui-ci une débilitation intense : l'inhibition des mues de croissance et la castration sont, d'une manière classique, considérées comme les manifestations les plus ordinaires de cet épuisement causé par le parasite. De fait, lorsqu'on rencontre un Crabe qui, encore assez éloigné de la taille maxima de son espèce, a la carapace couverte d'épizoaires (Balanes, Bryozoaires, Spirorbes, Serpules, Moules, Anomies, Molgules,

([1]) *British Medical Journal*, 28 avril 1922, p. 674.

etc.), on peut être à peu près assuré d'avance qu'il est porteur d'un parasite (Épicaride ou Sacculine). La présence de divers organismes fixés, dont il est devenu le support, atteste que le Crabe n'a pas mué depuis un temps



Divers exemplaires de *Xantho floridus*, représentés en grandeur naturelle : 1. Mâle adulte 2. Femelle adulte, tous deux porteurs de Balanes et de Spirorbes, bien qu'indemnes de parasites ; 3, 4. Deux femelles porteuses de Spirorbes, montrant la taille ordinaire des individus parasités; 5, 6. Carapaces de *Xantho*, à bosse unilatérale, gauche, bien qu'hébergeant deux parasites; *d*, vue dorsale; *a*, vue antérieure; *p*, vue postérieure.

assez long, nécessaire à leur croissance (Giard); elle signale en outre un certain état de cachexie qui, rendant le Crabe sédentaire et paresseux dans ses mouvements, a permis la première installation de ces organismes, qu'on ne rencontre pas, même à des stades jeunes, sur des Crabes sains de la

même taille. Ce fait peut s'observer particulièrement pour les Crabes qui ont par nature des mœurs casanières, comme les *Xantho* (*fig.* 3 et 4). Même chez eux d'ailleurs, beaucoup d'individus parasités ont la carapace parfaitement propre; et, par contre, les individus qui ont atteint la taille maxima de l'espèce et qui sont toujours indemnes de parasites, sont fréquemment couverts d'épizoaires, simple marque de leur âge avancé (*fig.* 1 et 2).

Il ne faudrait pas croire d'ailleurs que l'inhibition de la mue constitue, pour les hôtes des Épicarides, une règle absolue. J. Bonnier a signalé par exemple un *Portunus holsatus* Fabr. qui était sur le point de muer, bien que contenant une toute jeune femelle de *Portunion*. J'ai moi-même, à plusieurs reprises, dans la région de Roscoff, observé soit des *Porcellana longicornis* Pennant parasitées par des *Pleurocrypta porcellanæ* Hesse, soit des *Pilumnus hirtellus* L. parasités par des *Cancricepon elegans* Gd. et B., qui venaient tout juste de muer, ainsi qu'on en pouvait juger par la complète mollesse de leur carapace. Comme dans le cas précédent, il s'agissait d'hôtes hébergeant des parasites relativement jeunes, n'ayant pas encore effectué leur première ponte. Un *Eupagurus cuanensis* Thompson, porteur d'un *Athelges lorifera* Hesse adulte, a même mué en aquarium pendant la seconde nuit qui suivit sa capture. La mue s'effectua d'une façon tout à fait normale pour la région céphalo-thoracique; mais après la mue du telson et des uropodes, le Pagure n'était pas arrivé à se débarrasser complètement de la cuticule exuviée, sans doute en raison de ce fait que la mue ne s'était pas achevée sur les parties molles de l'abdomen.

La persistance des mues est sans doute la règle, au moins pendant toute la période où le parasite encore jeune grandit, sans soustraire à son hôte la nourriture abondante qui sera plus tard nécessaire à l'élaboration de ses propres œufs. C'est là, semble-t-il, le seul moyen de concevoir le mode de formation de ces bosses de la carapace branchiale, qui signalent souvent à l'extérieur la présence des Bopyriens. On comprendrait mal le soufflement progressif d'une loupe dans une carapace rigide; on s'explique au contraire qu'elle se produise en une fois au moment d'une mue. Lorsqu'il commence à occuper un volume assez considérable, le parasite, comprimé entre le corps même du thorax et la carapace branchiale de son hôte, doit exercer sur l'hypoderme en contact avec lui une action irritante; et l'on peut supposer qu'il en résulte une prolifération exagérée des cellules épithéliales; au moment de la mue, la région correspondante, temporairement libérée, prendra une forme d'équilibre et se boursouflera en une bosse éventuellement plus volumineuse que le parasite lui-même, réalisant d'avance une

logette, qui ne sera entièrement comblée que par la croissance ultérieure et la ponte du Bopyrien. Chez un *Pilumnus hirtellus* L. venant immédiatement de muer, il était manifeste que le *Cancricepon* ne remplissait pas complètement la bosse de la carapace.

Cette manière de voir me semble corroborée par des observations relatives au *Xantho floridus* Mont. Ce Crabe est fréquemment parasité, dans la région de Roscoff, par le *Cancricepon pilula* Gd. et B.; et assez souvent un même hôte porte simultanément deux parasites, un dans chaque cavité branchiale. Or en général un seul, plus volumineux et sans doute plus âgé, détermine une bosse extérieure, tandis que l'autre ne révèle sa présence par aucune anomalie de la carapace. Il est naturel d'admettre que le premier parasite installé a déterminé la formation d'une bosse, qui est devenue manifeste à l'occasion d'une mue. Ce premier parasite arrivant ensuite à l'état adulte et incubant ses propres pontes, a suffisamment épuisé son hôte pour supprimer dès lors toute mue ultérieure; un second parasite, installé après coup dans l'autre cavité branchiale, n'a plus pu provoquer aucune déformation.

ZOOLOGIE. — *Sur la sexualité d'un Hydraire*, Clava squamata. Note de M. **Boris Ephrussi**, présentée par M. F. Mesnil.

La littérature zoologique fournit en général peu d'indications sur l'époque de maturité sexuelle des animaux. En particulier ces renseignements font totalement défaut pour l'Hydraire gymnoblastique — *Clava squamata* Müller.

Aussi me paraît-il utile de publier quelques observations recueillies au cours d'un travail sur cette espèce.

Tout le matériel utilisé a été récolté à Pempoull (près de Roscoff) du mois de septembre 1921 au mois d'août 1922.

L'espèce, très abondante dans cette station sur les *Fucus*, s'est trouvée à maturité sexuelle pendant presque toute cette période, c'est-à-dire pendant près d'un an.

Il y a généralement une forte prédominance numérique des gonophores de l'un des deux sexes sur ceux de l'autre, l'avantage alternant, suivant l'époque, en faveur de l'un ou l'autre sexe, comme on s'en rendra compte par le Tableau suivant :

Époque de la récolte.	État des colonies.
1921. Septembre	♂ et exceptionnellement ♀
» Décembre	♀ » ♂
1922. Janvier	♀ » ♂
» Février	Pas de gonophores
» Mars	♀ et ♂
» Avril	♂ plus nombreux que les ♀
» Juin	♂ et exceptionnellement ♀
» Août	♀ plus nombreuses que les ♂

Il paraît assez difficile de comprendre ces alternatives successives si l'on attribue aux *Clava* les conditions de sexualité qui sont généralement connues pour la plupart des hydraires. C'est de règle en effet, chez ces animaux, que les sexes sont séparés en ce sens que sont du même sexe non seulement tous les gonophores portés par un même hydrante, mais encore tous ceux portés par les divers polypes constituant une colonie, c'est-à-dire nés les uns des autres par bourgeonnement à partir d'un premier individu issu de l'œuf. On considère généralement que les *Clava* obéissent à cette règle.

Faudrait-il alors admettre que les alternatives observées s'expliquent par le fait que successivement, au cours de diverses périodes de l'année, arrivent à la maturité sexuelle manifeste de nouvelles colonies qui étaient restées jusque-là à l'état asexué? Je ne le crois pas.

Je suis porté à conclure de mes observations que les colonies de *Clava* sont susceptibles de changer de sexe au cours des divers mois de l'année, la majorité d'entre elles manifestant, à une époque donnée, l'un des sexes qui devient alors dominant.

De fait, j'ai rencontré (d'une manière exceptionnelle, il est vrai) quelques colonies semblant hermaphrodites, et j'ai pu effectivement contrôler, d'une manière indiscutable, la continuité des hydrorhizes entre deux hydrantes porteurs de gonophores de sexes différents.

Les colonies, dont l'hermaphrodisme indiscutable a pu être constaté, doivent représenter précisément l'état de passage d'un sexe à l'autre; et s'il est peu fréquent de tomber sur un de ces cas, ce n'est point qu'ils constituent une anomalie effectivement rare de quelques individus, mais simplement une phase très transitoire et fugitive dans l'évolution normale de toutes les colonies. Pour beaucoup de colonies d'ailleurs, il semble que la période de transition d'un sexe à l'autre coïncide avec une suspension temporaire de la reproduction, les gonophores étant alors en très petit nombre, peu évolués, et ne permettant pas par suite de contrôler rapidement le sexe et de constater éventuellement l'hermaphrodisme.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *L'immunité tissulaire dans les ectodermoses neurotropes (neurovaccine)*. Note de MM. C. **Levaditi** et S. **Nicolau**, présentée par M. Roux.

Des expériences réalisées avec la neurovaccine nous ont montré que l'immunité antivaccinale est essentiellement locale ([1]); chaque tissu devenu réfractaire se défend pour son propre compte par des moyens qui lui appartiennent. « Le premier contact avec le germe confère aux éléments cellulaires des propriétés nouvelles, en vertu desquelles ces éléments détruisent le virus avec une rapidité surprenante (en moins de *deux heures* pour le cerveau). Ces propriétés acquises sont transmissibles d'une génération cellulaire à l'autre; c'est ce qui assure l'état réfractaire plus ou moins durable de certains tissus, tels que la peau, dont l'épiderme se renouvelle sans cesse.»

Il s'ensuit qu'un système tissulaire qui se reproduit en peu de temps, perdra son immunité avant d'autres tissus à régénération lente ou nulle. Chez le même animal, les divers états réfractaires (celui de la peau, de la cornée, du cerveau, du testicule) n'évolueront pas de la même manière; tout dépendra de la vitesse avec laquelle le tissu intéressé se renouvellera. Ainsi, l'immunité cutanée devra cesser avant celle du névraxe; on sait, en effet, que l'épiderme se reproduit constamment et répare facilement ses lésions, alors que les aptitudes régénératrices du système nerveux sont des plus effacées, voire même nulles.

Cette conception du mécanisme de l'immunité antivaccinale est confirmée par les nouvelles expériences que nous rapportons dans la présente Note.

Technique. — Des lapins sont vaccinés avec la neurovaccine par voie cutanée. Après des intervalles variant entre 3 et 348 jours, on éprouve l'état réfractaire de l'encéphale, du revêtement cutané, de la cornée et du testicule, en injectant la neurovaccine dans le cerveau ($0^{cm^3},2$) et dans le testicule ($0^{cm^3},5$ à 1^{cm^3}), ou en la déposant sur la peau et la cornée, préalablement scarifiées.

I. *Début de l'immunité*. — L'immunité cérébrale apparaît du 5e au 7e jour; il en est de même de l'état réfractaire du revêtement cutané et du testicule. Quant à la cornée, elle conserve indéfiniment sa sensibilité normale, malgré l'immunité absolue des autres segments de l'ectoderme (cf. Hückel et Paschen).

([1]) Levaditi et Nicolau, *Annales Pasteur*, t. 37, 1923, p. 1.

EXPÉRIENCES. — *a. Épreuve faite le 3e jour.* — Le *lapin* 28 P est inoculé par voie cutanée le 25 novembre 1922. Injection intracérébrale le 28 novembre. L'animal succombe le 8e jour d'encéphalite vaccinale.

b. Épreuve faite le 5e jour. — Le *lapin* 81 P est inoculé par voie cutanée (flanc droit) le 2 novembre 1922. Injection intracérébrale, cutanée (flanc gauche) et testiculaire, le 7 novembre. L'animal succombe d'encéphalite vaccinale le 4e jour, après avoir montré une éruption cutanée et une orchite typiques. Trois autres lapins se sont comportés de la même manière. Un quatrième animal, éprouvé lui aussi, le 5e jour (infection intracranienne), s'est montré immun.

c. Épreuve faite à partir du 6e jour. — Le *lapin* 43 V est inoculé par voie cutanée et cornéenne le 9 novembre 1922. Sept jours après, inoculation intracérébrale et cutanée. L'animal survit et ne montre aucune éruption sur la peau. Sept autres lapins, éprouvés le 8e jour (deux), le 36e, le 37e, le 48e, le 86e et le 90e jour se sont comportés de la même manière.

Ces expériences montrent que l'état réfractaire du névraxe, de la peau et du testicule débute simultanément dès le 6e ou le 7e jour, et, en général, se maintient, sans fléchir, pendant près de 3 mois. Seule la cornée fait exception : elle constitue un îlot constamment sensible de l'ectoderme proprement dit et de l'ectoderme invaginé (névraxe). Que se passe-t-il plus tard ?

II. A partir d'une date, variable suivant le degré de l'état réfractaire et suivant l'animal en expérience (de 100 à 300 jours, exceptionnellement avant), l'immunité cutanée fléchit, alors que le cerveau et le testicule conservent l'état réfractaire absolu (la cornée continue d'être sensible, à moins qu'elle n'ait été inoculée antérieurement).

Chez sept de nos animaux, éprouvés après 37, 74, 102, 169, 181, 178 et 231 jours, l'immunité cérébrale et testiculaire était parfaite, la sensibilité cornéenne était normale, alors que l'état réfractaire du revêtement cutané était devenu partiel ou faible. En effet, l'inoculation de la neurovaccine sur la peau épilée et rasée déterminait, chez eux, une réaction manifeste, variable dans son intensité, mais toujours présente. Cette réaction se traduisait par des stries papulo-pustuleuses ou des papulo-pustules avortées, guérissant plus vite que l'éruption vaccinale des lapins neufs.

Des inoculations successives, pratiquées sur le même animal, corroborent ces données.

Expérience.

Lapin 19 OM.	Première inoculat.	Ier essai : 19 jours.	IIe essai : 112 jours.	IIIe essai : 207 jours.	IVe essai : 348 jours.
Peau.....	15 mars 1922	Im. absolue	Im. absolue	Im. faible	Im. très faible
Cerveau..				Im. absolue	Im. absolue
Cornée[1].				Sensible	Im. faible
Testicule.				Im. presque complète	Im. absolue

Plusieurs autres expériences ont fourni des résultats analogues.

Conclusions. — L'ensemble de ces recherches confirme l'hypothèse d'après laquelle chaque tissu semble se vacciner par son propre compte et acquérir une immunité, pour ainsi dire, personnelle. Tous les systèmes tissulaires examinés, excepté la cornée, deviennent réfractaires au même moment, comme si les divers segments ectodermiques répondaient ensemble à l'excitation immunogène de l'antigène. Mais, plus tard, certains d'entre eux, particulièrement le revêtement cutané, perdent leur immunité, alors que d'autres, comme le névraxe et le testicule, la conservent intégralement. Tout se passe comme si les facultés de rénovation propres à chaque segment ectodermique jouaient un rôle effectif dans la disparition plus ou moins rapide de l'état réfractaire acquis. L'épiderme cutané, qui se renouvelle sans cesse, perd en effet plus vite son immunité que le névraxe, tissu dont les aptitudes régénératrices sont effacées ou nulles. Le testicule paraît se comporter comme le cerveau.

THÉRAPEUTIQUE. — *L'acide-éther monométhylorthophosphosalicylique.* Note [2] de M. **Émile Gautrelet**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Lorsque l'on combine 3^{mol} d'acide-éther monométhylorthophosphorique

$$\left(PO\begin{cases}OH\\O.CH^3\\OH\end{cases}\right)$$

avec 3^{mol} de salicylate de sodium

$$C^6H^4\begin{cases}OH\\CO-ONa\end{cases}$$

(1) La cornée perd plus vite que le cerveau et la peau l'état réfractaire local.

(2) Séance du 4 juin 1923.

on obtient : 1^{mol} de phosphate trisodique

$$\left(PO\begin{matrix}\diagup ONa\\ -ONa\\ \diagdown ONa\end{matrix}\right);$$

1mol de salicylate de méthyle

$$\left(C^6H^4\begin{matrix}\diagup OH\\ \diagdown CO-O.CH^3\end{matrix}\right)$$

et 2mol d'un corps nouveau, l'acide-éther monométhylorthophosphosalicylique, de poids moléculaire 232, dont la conjonction d'éthérification peut se présenter, soit en position ortho-(1) relativement au radical salicylique

$$\left(C^6H^4\begin{matrix}\diagup O-PO\begin{matrix}\diagup OCH^3\\ \diagdown OH\end{matrix}\\ \diagdown CO-OH\end{matrix}\right)$$

soit en position méta-(2), relativement toujours au radical salicylique

$$\left(C^6H^4\begin{matrix}\diagup OH\\ \diagdown CO-O-PO\begin{matrix}\diagup O.CH^3\\ \diagdown OH\end{matrix}\end{matrix}\right),$$

selon la température réactionnelle; l'élévation de température favorisant d'ailleurs la prédominance de la saturation de la fonction orthophénolique de l'acide salicylique.

Ces deux isomères, tout en offrant une composition centésimale fondamentale identique (59,48 pour 100 en acide salicylique; 42,24 pour 100 en acide phosphorique; 13,79 pour 100 en alcool méthylique), n'offrent cependant pas des conditions physiques, ni des réactions chimiques absolument comparables.

Au point de vue physique, ils se présentent l'un et l'autre sous forme de cristaux incolores du système orthorhombique; mais tandis que l'isomère ortho les offre sous une forme trapue, l'isomère méta les présente en aiguilles très allongées; au point de vue physique, encore, ces cristaux, les uns et les autres très solubles dans l'alcool et dans l'éther, et à peine solubles dans l'eau (1 pour 400), sont fusibles à + 113° C. pour l'isomère ortho et à + 98° C. pour l'isomère méta.

Au point de vue chimique; si le bichromate de potassium et l'acide sulfurique donnent bien avec leurs solutums la coloration verte caractéristique des alcools; si le nitrosulfomolybdate d'ammoniaque donne bien à chaud avec leurs solutums la coloration jaune caractéristique de l'acide phospho-

rique; avec le perchlorure de fer en solution neutre, la coloration violette, caractéristique de la fonction phénolique de l'acide salicylique, est à peine sensible pour l'isomère ortho, tandis qu'elle est nette pour l'isomère méta.

Quoi qu'il en soit de ces deux points de vue physico-chimiques, au point de vue physiologique, l'action des deux isomères est identique.

D'une façon analogue à l'acide-éther acétylsalicylique, l'acide-éther monométhylortophospho salicylique est à la fois antipyrétique et analgésique; mais sa valeur analgésique est supérieure à celle de l'acide-éther acétylsalicylique et plus rapide également du fait du noyau méthyl, qu'il contient; de même qu'au lieu de déprimer le tonus cardiaque, il le relève en raison de son noyau phosphoré, organique, tonique à la fois pour le système nerveux en général et pour le système musculaire en particulier; sans que sa toxicité soit plus élevée, bien au contraire, la phosphorisation du noyau salicylique semblant au point de vue de la diminution toxhémique, correspondre à la sulfonation des phénols.

A $15^h 55^m$, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17 heures.

E. P.

ERRATA.

(Séance du 22 mai 1923.)

Note de M. *Dumanois*, Sur l'utilisation d'un mélange alcool-pétrole lampant à haute teneur d'alcool :

Page 1450, avant-dernière ligne de la Note, *au lieu de* 40 pour 100, *lire* 20 pour 100.

Note de M. *L. Vegard*, Sur la constitution des couches supérieures de l'atmosphère :

Page 1489, ligne 15, *au lieu de* Le potentiel serait zéro, *lire* La force électrique serait zéro.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 18 JUIN 1923.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du décret, en date du 15 juin 1923, qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Jean Perrin** pour occuper, dans la Section de Physique, la place vacante par le décès de M. *E. Bouty*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Jean Perrin** prend place parmi ses Confrères.

MÉCANIQUE. — *Plaque mince indéfinie uniformément chargée, portée par des points régulièrement espacés.* Note de M. **Mesnager**.

Depuis quelques années on construit fréquemment, surtout aux États-Unis, des dalles reposant sur des appuis également espacés dans deux sens rectangulaires.

Différents auteurs se sont occupé de ce problème, mais ils n'ont donné que des solutions approximatives, même dans le cas de la plaque mince, c'est-à-dire dans celle où l'on suppose que les normales à la surface restent, pendant la déformation, droites et normales à cette surface déformée. On peut arriver cependant assez facilement à la formule exacte de la plaque mince uniformément chargée reposant sur des appuis placés aux points de rencontre de droites $x = \mathrm{K}a$ et $y = \mathrm{K}'b$ (K et K′ nombres entiers) dans un système d'axes rectangulaires. On peut pour cela remarquer que : 1° la fonction doit être périodique et paire, donc l'expression peut être repré-

sentée par une série de Fourier qui ne doit contenir que des cosinus de $\frac{\pi x}{a}$ et $\frac{\pi y}{b}$; 2° le coefficient des arcs doit être pair puisque la fonction est symétrique par rapport aux axes de chaque rectangle. En prenant toutes les expressions capables de représenter une charge uniforme et en imposant la condition que les réactions soient égales au quart de la charge du rectangle à chaque angle, on arrive facilement à trouver que l'équation est, en donnant à Oz la direction vers le haut,

$$(1)\quad w = A + \frac{2\varpi_0}{\pi^4}\left[a^4\sum_p \frac{\cos p\frac{\pi x}{a}}{p^4} + b^4\sum \frac{\cos q\frac{\pi y}{b}}{q^4} + 2\sum_p\sum_q \frac{\cos p\frac{\pi x}{a}\cos p\frac{\pi y}{b}}{\left(\frac{p^2}{a^2}+\frac{q^2}{b^2}\right)^2}\right]$$

en désignant par A une constante, par η le coefficient de Poisson, par ϖ_0 la charge par unité de surface, par p et q des nombres pairs quelconques, et par $\sum_p$ la somme obtenue en donnant à p les valeurs 2, 4, 6, etc. jusqu'à l'infini.

On peut vérifier l'exactitude de la formule (1) en remarquant que A fixe seulement le niveau à partir duquel on compte les ordonnées w et en démontrant que les termes de la parenthèse représentent dans chaque rectangle :

(a) Le premier terme, une poutre infiniment large dans le sens Oy portant une charge uniformément répartie $+\varpi_0 ab$ dans l'extérieur du rectangle et une charge uniformément répartie $-\varpi_0 ab$ sur les deux côtés parallèles à Oy;

(b) Le second terme, une charge totale uniforme $+\varpi_0 ab$ dans l'intérieur du rectangle et une charge uniformément répartie $-\varpi_0 ab$ sur les deux côtés parallèles à Ox;

(c) Le troisième terme, une charge totale uniforme $-\varpi_0 ab$ dans l'intérieur du rectangle, une charge uniforme $\varpi_0 ab$ sur les deux côtés parallèles à Ox, une charge uniforme $\varpi_0 ab$ sur les deux côtés parallèles à Oy et une charge $-\varpi_0 ab$ également répartie entre les quatre angles.

L'ensemble des termes représente donc une plaque supportant :

(A) La charge totale uniforme $\varpi_0 ab$, à l'intérieur du rectangle;

(B) Rien sur les côtés;

(C) La charge uniformément répartie $-\varpi_0 ab$ sur les angles.

Autrement dit, c'est une plaque uniformément chargée équilibrée par les réactions des sommets.

En effet, si l'on applique la formule des plaques

$$\varpi = -\frac{EI}{1-\eta^2}\Delta\Delta w \quad (^1)$$

en se rappelant que

$$\sum_p \cos pz = -\frac{1}{2} \qquad \text{pour} \qquad z \neq K\pi \quad (^2)$$

et que la valeur de la surface infiniment étroite et infiniment longue située aux points $z = K\pi$ a pour aire $\frac{\pi}{2}$ [3].

On peut le voir aussi partant de la relation connue, facile à vérifier,

$$\sum_p \frac{\cos p\frac{\pi x}{a}}{p^4} = \frac{\pi^4}{2.4!}\left[-\frac{x^2(x-a)^2}{a^4}+\frac{1}{30}\right], \quad \text{si } 0 < z < a;$$

en la substituant on retrouve, à une constante près, l'expression bien connue de la poutre encastrée à ses deux extrémités et infiniment large. Il y a donc une force ϖa par unité de longueur dirigée vers le haut appliquée sur les droites $x = Ka$.

Le troisième terme représente de même une plaque chargée de ϖ et subissant des efforts ϖb dirigés vers le haut sur les droites $y = K'b$.

Le quatrième terme représente une plaque chargée de $-\varpi_0$, car en lui appliquant la formule des plaques on obtient

$$\varpi = -4\varpi_0 \sum_p \sum_q \cos p\frac{\pi x}{a}\cos q\frac{\pi y}{b},$$

et, en se rappelant la première somme de série déjà citée, on trouve la valeur annoncée tant sur la surface que sur les droites $x = Ka$ et $y = Kb$.

On peut d'ailleurs, pour le calcul, se servir de l'expression ci-dessus en termes finis des séries simples et transformer la série double en série simple

(1) Formule connue des plaques (voir mon *Cours de béton armé;* Dunod, 1921, p. 123).

(2) LEBESGUE, *Séries trigonométriques* (Gauthier-Villars, 1906, p. 93).

(3) Cette valeur de la surface résulte de la propriété d'une sinusoïde d'avoir toujours une surface nulle. Toutes les sinusoïdes ajoutées donnant comme ordonnée $-\frac{1}{2}$ partout, sauf aux points $z = K\pi$, il faut qu'en ces points la limite de la surface soit $\frac{\pi}{2}$.

par un procédé analogue à celui que Maurice Levy avait jadis employé pour la plaque rectangulaire ([1]).

TÉLÉGRAPHIE SANS FIL. — *Possibilité d'étudier les phénomènes de la radiotélégraphie sur des modèles réduits.* Note de M. **Marcel Brillouin**.

L'extrême complication que révèle l'étude détaillée des phénomènes radiotélégraphiques à la surface de la Terre, la difficulté de connaître et surtout de varier les conditions atmosphériques, rendent intéressant d'examiner comment il serait possible de travailler sur modèles réduits dans des conditions de similitude satisfaisantes. Quelque coûteuses que puissent être de pareilles expériences, elles le seraient moins et seraient plus rapidement instructives que tous les essais effectués soit en interrompant le service commercial, soit en mobilisant des vaisseaux.

Le modèle restera nécessairement grand : plusieurs centaines de mètres entre l'émetteur et le récepteur; la propagation doit continuer à se faire principalement à travers l'air, le sol plus ou moins humide ou l'eau, et au besoin un toit réflecteur convenable.

On conserve donc la constante diélectrique et la perméabilité magnétique des milieux réels; seule, la conductivité peut être modifiée artificiellement. Les fréquences restent très faibles par rapport aux fréquences atomiques, en sorte que les équations de Maxwell-Hertz suffisent à la représentation du champ électromagnétique.

La règle de similitude est alors très simple.

Il faut modifier dans le même rapport : *les longueurs* x, y, z; *les durées* t *et les résistivités* ρ.

Pour ramener dans un champ d'expériences l'étude de la radiogoniométrie aux distances modérées (100 ou 200^{km} par exemple), je supposerai qu'on adopte le coefficient de similitude 1000, c'est-à-dire que l'on représente le kilomètre par un mètre, la seconde par le millième de seconde. Les émetteurs et les récepteurs seront encore de dimensions réalisables; il n'est d'ailleurs pas nécessaire de réduire les cadres goniométriques dans la même proportion, et il est vraisemblable (et à vérifier) que des cadres proportionnellement 10 ou 20 fois trop grands donneront les mêmes résultats.

Avec cette réduction au millième, les terrassements à effectuer pour

([1]) *Comptes rendus*, t. 129, 1899, p. 535.

reproduire les inégalités topographiques, vallées, montagnes, et les bassins à creuser pour simuler les fleuves, lacs et mers, ne seront pas excessifs.

La question théorique délicate est celle de la similitude des conductivités.

Il faut multiplier aussi les conductivités par mille.

Sol ordinaire. — On admet que la conductivité du sol varie de 10^{-15} à 10^{-16} suivant qu'il est sec ou très sec. D'autre part, la conductivité de l'eau de mer est environ 10^{-11} (C. G. S. émg.). Il sera donc possible d'amener la conductivité du sol à 10^{-12} ou 10^{-13} par un arrosage à l'eau salée, dans des proportions convenables. Il faudra la mesurer et en contrôler l'uniformité au cours des mesures.

Bassins marins. — Il sera plus difficile de passer de la conductivité 10^{-11}, de la mer, à 10^{-8}; aucune solution saline n'est aussi conductrice. Les solutions les plus conductrices d'acide sulfurique ne dépassent guère 10^{-9}. Le charbon de cornue atteint 10^{-8}.

Atmosphère. — La conductibilité de l'atmosphère est due à la présence des ions, et la conductibilité est proportionnelle au nombre d'ions par centimètre cube.

Il faudra donc multiplier par mille le nombre d'ions, positifs N_+ et négatifs N_-, normalement contenus dans l'atmosphère.

Il faut donc prévoir une grosse installation ionisante, soit par lumière ultraviolette, soit par rayons X, soit par substances radioactives. Il faudra que cette installation permette soit une ionisation uniforme, soit une ionisation localisée, fixe ou mobile.

Il faudra une installation à grand débit car la rapidité de recombinaison est multipliée par un million ; l'équation de recombinaison

$$\frac{\partial N_+}{\partial t} = \frac{\partial N_-}{\partial t} = -\alpha N_+ N_-$$

est la seule équation *non linéaire* de quelque importance dans le problème.

C'est cette partie du modèle qui devra être étudiée avec le plus de soin et qui fournira les résultats les plus importants.

Il faudra la compléter par une installation de ventilateurs permettant de rendre mobiles les masses ionisées, avec la vitesse même des vents réels ou à peu près (les vitesses sont toutes conservées dans le modèle).

Il faudra en outre alimenter des régions plus ou moins étendues en vapeur d'eau saturante (ou même sursaturante) pour reproduire les nuages électrisés.

Haute atmosphère. — Le modèle ne peut reproduire ni la distribution des pressions, ni la distribution des températures en hauteur; mais il n'est pas probable que ce défaut soit très grave, pourvu qu'on reproduise la distribution des conductibilités. Il faudra donc pouvoir, sur une altitude de quelques dizaines de mètres, localiser les actions ionisantes à différents niveaux.

Couche d'Heaviside. — La conductibilité de la couche d'Heaviside semble pouvoir être représentée, *au point de vue des communications radiotélégraphiques seulement,* par l'emploi d'une toile métallique, à mailles plus ou moins serrées et à fils plus ou moins gros, tendue à quelques dizaines de mètres au-dessus de *tout* le champ d'expérience. En la mettant soit horizontale, soit un peu en pente, soit plane, soit ondulée, soit même abaissée près du sol, les résultats pourront être utiles pour la discussion des effets de jour, de nuit, d'aube et de coucher du soleil.

Il faudra, bien entendu, mesurer la conductibilité de la toile métallique employée, et voir comment elle influe.

Magnétisme terrestre. — Les équations de Maxwell-Hertz, et la force pondéromotrice de Lorenz $(E_1 + M_2 u_3 - M_3 u_2)$ sont linéaires par rapport aux forces électriques et magnétiques; l'échelle des forces électriques et magnétiques mises en jeu reste donc arbitraire; mais, si l'on suppose que le magnétisme terrestre intervienne (par les mouvements des masses ionisées), il faudra le reproduire à la même échelle que le champ magnétique oscillant.

Mouvements de l'air. — L'équation du mouvement de 1^{cm^3} d'air dans les couches inférieures de l'atmosphère,

$$m\frac{\partial u_1}{\partial t} = (E_1 + M_2 u_3 - M_3 u_2) Ne,$$

est aussi reproduite exactement, car les deux membres sont multipliés par 1000, les vitesses u étant conservées.

Le mouvement des couches supérieures de l'atmosphère échappe à la similitude, parce que nous ne sommes pas maîtres de reproduire la diminution de masse du centimètre cube d'air avec l'altitude.

Globe entier. Antipodes. — Il ne semble pas impossible de pousser la réduction au *cent-millième*; un centimètre par kilomètre, et de construire une colline hémisphérique (ou un peu plus) de 130^m de diamètre environ entourée d'une coupole métallique à *un mètre* de distance environ, pour représenter la courbe d'Heaviside. La multiplication de la conductibilité du sol ou des mers par 10^5 pourrait être obtenue à l'aide de toiles métal-

liques plus ou moins denses; mais la multiplication par 10^5 du nombre des ions atmosphériques paraît plus difficile.

Si intéressants que puissent être ces résultats d'un tel modèle, il semble inutile de s'y arrêter avant d'avoir tiré tout le parti possible d'un modèle au millième, sans courbure du sol, mais avec des dénivellations de caractère topographique. Je ne pense pas que l'installation de ce modèle au millième pour études radiogoniométriques présente des difficultés insurmontables.

NOMINATIONS.

MM. les **Membres du Bureau** et M. **Maurice d'Ocagne** sont désignés pour représenter l'Académie à la cérémonie religieuse par laquelle l'église de *Saint-Étienne-du-Mont* célébrera, le jeudi 28 juin, le troisième centenaire de la naissance de *Pascal*.

PRÉSENTATIONS.

Pour le poste de Directeur de l'Observatoire de Marseille, M. Jean Bosler est désigné en première ligne par 36 suffrages contre 2 à M. Louis Fabry et 1 bulletin blanc.

Pour la seconde ligne, M. Jean Trousset réunit l'unanimité de 27 suffrages.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Instruction publique comprendra :

En première ligne . . . . M. **Jean Bosler**
En seconde ligne . . . . M. **Jean Trousset**

CORRESPONDANCE.

M. **Maire**, élu Correspondant pour la Section de Botanique, adresse des remercîments à l'Académie.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats à la chaire de Physiologie des sensations du Collège de France.

(Renvoi à la Section de Médecine et Chirurgie.)

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Giotto Dainelli. *Studi sul glaciale*, in *Spedizione italiana de Filippi nell' Himàlaia, Caracorùm e Turchestàn cinese* (1913-1914).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les noyaux symétrisables.* Note de M. **P. Sergesco**, présentée par M. E. Goursat.

Soit $N(x, y)$ un noyau symétrisable par composition à gauche avec le noyau symétrique défini $G(x, y)$; les solutions fondamentales et associées de N forment un système biorthogonal et normé $\varphi_n(x)$, $\psi_n(x)$ et les valeurs caractéristiques correspondantes sont λ_n.

Théorème. — *Toute fonction $h(x)$ orthogonale à toutes les solutions associées $\psi_n(x)$ est orthogonale à gauche au noyau* $N(x, y)$.

$h(x)$ est orthogonale à droite à tous les noyaux principaux de N; donc la solution de l'équation de Fredholm, dont le terme connu est $h(x)$, est une fonction entière de λ (¹). Il s'ensuit que

$$\sum \lambda^n \int_a^b N^{(n)}(x, y)\, h(y)\, dy$$

converge absolument pour toute valeur finie de λ. Ceci entraîne la convergence absolue des séries :

$$\sum \lambda^{2p} \int\int G(x, s) N^{(2p)}(s, t) h(t)\, ds\, dt,$$

$$\sum \lambda^{2p} \int\int\int G(x, s) N^{(2p)}(s, t) h(t) h(s)\, dx\, ds\, dt,$$

$$\sum A_p \lambda^{2p} = \sum \lambda^{2p} \int\int\int\int G(u, s) N^{(p)}(s, x) h(x) N^{(p)}(u, t) h(t)\, dx\, ds\, dt\, du.$$

(¹) Goursat, *Analyse*, t. 3, 2ᵉ édition, p. 243.

Mais l'inégalité de Schwartz généralisée donne

$$(A_p)^2 \leqq A_{p-1} A_{p+1}.$$

Alors $\Sigma A_p \lambda^{2p}$ ne représente une fonction entière que si $A_2 = 0$. $F(x, y)$ étant défini, cela entraîne

$$\int N^{(2)}(x, s)\, h(s)\, ds = 0,$$

$$0 = \int\int\int G(x, s) N^{(2)}(s, t) h(x) h(t)\, dx\, ds\, dt = A_1$$

et finalement

$$\int N(x, s) h(s)\, ds = 0.$$

Le théorème réciproque est vrai, car, de la relation précédente, on tire

$$0 = \int N(x, s) h(s) \psi_n(x)\, dx\, ds = \int \psi_n(s)\, h(s)\, ds.$$

Ceci permet de définir : un noyau symétrisable fermé est celui pour lequel le système des solutions associées ψ est fermé. Dans ce cas, le noyau symétrique $\int G(x, s) N(s, y)\, ds$ est lui-même fermé.

Théorème. — *Si le développement*

$$P(x, y) = \sum \frac{\varphi_n(x) \psi_n(y)}{\lambda_n^2}$$

est uniformément convergent, il représente le noyau itéré $N^{(2)}(x, y)$, *même si* $N(x, y)$ *n'a pas une expression analogue.* (Énoncé analogue pour le cas où l'exposant de λ_n est p quelconque, entier.)

On a

$$\int N^{(2)}(x, s)\, P(s, y)\, ds = \int P(x, s)\, N^{(2)}(s, y)\, ds$$
$$= P^{(2)}(x, y) = \sum \frac{\varphi_n(x) \psi_n(y)}{\lambda_n^4}.$$

Donc

$$N^{(2)}(x, y) = P(x, y) + E(x, y),$$

$E(x, y)$ étant une fonction orthogonale des deux côtés à $P(x, y)$. Les ψ_n, et par conséquent $N(x, y)$ et $N^{(2)}(x, y)$ sont orthogonaux à gauche à E. Alors la relation précédente nous donne $E^{(2)}(x, y) = 0$ et

$$N^{(p)}(x, y) = \sum \frac{\varphi_n(x) \psi_n(y)}{\lambda_n^p} \qquad (p \geqq 3).$$

Donc

$$\sum \frac{\int G(x, s)\,\varphi_n(s)\,ds\,\psi_n(y) - \int G(y, s)\,\varphi_n(s)\,ds\,\psi_n(x)}{\lambda_n^p}$$
$$= \sum \frac{E_n(x, y) - E_n(y, x)}{\lambda_n^p} = 0,$$

où E_n représente la somme des numérateurs correspondant à une même valeur de λ. On a ainsi un système infini d'équations linéaires à déterminant non nul, ce qui entraîne

$$E_n(x, y) - E_n(y, x) = 0,$$

ce qui montre que P est aussi symétrisable à gauche par le même $G(x, y)$. Comme $E^{(2)}(x, y) = 0$, cela entraîne $E \equiv 0$, ce qui démontre le théorème.

Remarque. — Si $N(x, y)$ est symétrisable aussi par la composition à droite avec le noyau symétrique défini $H(x, y)$ et si nous posons

$$B(x, y) = \int H(x, s)\,G(s, y)\,ds,$$

on vérifie facilement que l'on a

$$N_p^q(x, y) = \int N^{(q)}(x, s)\,B^{(p)}(s, y)\,ds = \int B^{(p)}(x, s)\,N^{(q)}(s, y)\,ds,$$
$$[N_p^q(x, y)]^{(s)} = N_{ps}^{qs}(x, y).$$

Les N_p^q sont symétrisables à gauche par $G(x, y)$ et à droite par $H(x, y)$. *Aucun* N_p^q *ne peut être identiquement nul*, car $N_p^q = 0$ entraîne (si, par exemple, $p > q$)

$$0 = N_p^p = (N_1^1)^{(p)},$$

ce qui est impossible parce que N_1^1 est un noyau symétrisable.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les propriétés extrémales des polynomes et des fonctions entières sur l'axe réel.* Note de M. **Serge Bernstein**, présentée par M. Henri Lebesgue.

1. Théorème. — *Soit* $R(x)$ *un polynome ou une fonction entière donnée de genre zéro à coefficients réels, n'admettant que des racines complexes* $\alpha_k \pm i\beta_k$, *où* $\beta_k > 0$, *telles que la série* $\sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{\beta_k}$ *soit convergente; soit, d'autre part,* $P(x)$ *un polynome ou une fonction quelconque de genre zéro.*

Dans ces conditions, si l'on a pour toute valeur réelle de x

$$\left|\frac{P(x)}{\sqrt{R(x)}}\right| \leq L,$$

on a aussi nécessairement

$$|P'(o)| \leq L\sqrt{R(o)}\left|\sum_{k=1}^{k=\infty}\frac{1}{\alpha_k + i\beta_k}\right|.$$

Pour le montrer, je suppose d'abord que $R(x)$ soit un polynome donné de degré $2n$, tel que

$$R(o) = 1, \qquad \text{et que} \qquad P(x) = a_0 + x + a_1 x^2 + \ldots$$

soit un polynome quelconque assujetti à la condition $P'(o) = 1$ à laquelle j'ajoute provisoirement la condition $P(o) = a_0$. Il est facile de prouver que, si nous voulons alors, que $\frac{P(x)}{\sqrt{R(x)}}$ s'écarte le moins possible de o sur l'axe réel, il suffira de construire un polynome $P(x)$ de degré non supérieur à n satisfaisant aux deux conditions exigées et recevant sa valeur maxima avec des signes opposés en n points au moins. Or, en posant,

$$s(x) + it(x) = \left(1 - \frac{x}{\alpha_1 - i\beta_1}\right)\cdots\left(1 - \frac{x}{\alpha_n - i\beta_n}\right),$$

$$s(x) + it(x) = \left(1 - \frac{x}{\alpha_1 + i\beta_1}\right)\cdots\left(1 - \frac{x}{\alpha_n + i\beta_n}\right),$$

de sorte que

$$R(x) = s^2(x) + t^2(x),$$

nous voyons que, quels que soient A et B,

$$f(x) = \frac{A\,s(x) + B\,t(x)}{\sqrt{R(x)}}$$

recevra son écart maximum $\sqrt{A^2 + B^2}$ en n points de l'axe réel avec des signes opposés. Par conséquent, il suffira de déterminer A et B par les deux conditions

$$A\,s(o) + B\,t(o) = a_0, \qquad A\,s'(o) + B\,t'(o) = 1;$$

or, la première des conditions n'étant pas essentielle, on conservera seulement la seconde, en ajoutant que $A^2 + B^2$ doit être minimum. Donc l'écart minimum L est

$$L = \sqrt{A^2 + B^2} = \frac{1}{\left|\sum_{1}^{n}\frac{1}{\alpha_k + i\beta_k}\right|},$$

et l'affirmation du théorème est établie pour le cas des polynomes.

Pour le cas où $R(x)$ est une fonction entière de genre o et $P(x)$ un polynome ou une fonction entière de genre zéro, la fonction $f(x)$ réalise également l'*extremum*. Pour le démontrer, formons la fonction

$$f_1(x) = \frac{B\,s(x) - A\,t(x)}{\sqrt{R(x)}}$$

qui satisfait à l'identité

$$f^2(x) + f_1^2(x) = A^2 + B^2.$$

Donc, les points d'écart maximum de $f(x)$ sont les racines de $f_1(x)$ que nous désignerons par $\gamma_1, \gamma_2, \ldots$. Par conséquent, il suffit de montrer qu'une fonction de la forme

$$\frac{P(x)}{\sqrt{R(x)}} = f_1(x)\left[\sum_1^\infty \frac{(-1)^k A_k}{(x-\gamma_k)f_1'(\gamma_k)} + Q(x)\right],$$

où les A_k sont bornés et positifs et la fonction $Q(x)$ de genre zéro ne peut s'annuler à l'origine avec sa dérivée première en restant bornée pour toute valeur réelle de x.

Du théorème 1 on peut tirer une conséquence intéressante.

2. Théorème. — *Si*

$$P(x) \qquad et \qquad s(x) + it(x) = \left(1 - \frac{x}{\alpha_1 - i\beta_1}\right)\cdots\left(1 - \frac{x}{\alpha_n - i\beta_n}\right)\cdots,$$

où $\beta_n > 0$ *et* $\sum \frac{1}{\beta_n}$ *converge, sont deux fonctions entières de genre zéro; si, de plus, pour toute valeur réelle de* x,

$$|P(x)| \leqq L\,|s(x) + i\,t(x)|,$$

on aura aussi, pour toute valeur réelle de x,

$$|P'(x)| \leqq L\,|s'(x) + it'(x)|, \qquad |P''(x)| \leqq L\,|s''(x) + i\,t''(x)|, \qquad \ldots.$$

Ceci permet de préciser les résultats connus de M. Wiman sur la croissance des fonctions de genre zéro et d'ordre $\rho < \frac{1}{2}$ dans une direction quelconque. Soit, en effet,

$$Q(x) = \frac{1}{2}\left[\prod_{n=1}^\infty\left(1 + \frac{\sqrt{x}}{\beta_n}\right) + \prod_{n=1}^\infty\left(1 - \frac{\sqrt{x}}{\beta_n}\right)\right] = 1 + c_1 x + \ldots + c_n x^n + \ldots;$$

si, pour la fonction de genre zéro,

$$P(x) = a_0 + a_1 x + \ldots + a_n x^n + \ldots, \qquad \text{où} \qquad \lim n^2 \sqrt[n]{|a_n|} = 0,$$

le rapport $\frac{|a_n|}{c_n}$ *n'est pas borné, dans aucune direction*

$$\frac{P(x)}{\sqrt{\prod_{n=1}^{\infty}\left(1+\frac{|x|}{\beta_n^2}\right)}}$$

ne peut rester borné, tandis qu'il existe des fonctions $P(x)$, *pour lesquelles le rapport*

$$\frac{P(x)}{x\sqrt{\prod_{n=1}^{\infty}\left(1+\frac{|x|}{\beta_n^2}\right)}}$$

est borné dans certaines directions.

3. En adoptant la définition du degré d'une fonction entière de genre 1, que j'ai donnée dans ma Communication précédente, on peut généraliser le théorème 2 de la façon suivante :

Théorème. — *Soit* $P(x)$ *une fonction entière de genre* 1 *et de degré* ρ; $s(x)+it(x)$ *ayant la même signification que plus haut, si, pour toute valeur réelle de* x,

$$|P(x)| \leqq L\,|s(x)+it(x)|,$$

on a aussi, pour toute valeur réelle de x,

$$|P'(x)| \leqq L\left|[s'(x)+it'(x)]+\frac{i\rho}{e}[s(x)+it(x)]\right|,$$

$$|P''(x)| \leqq L\left|[s''(x)+it''(x)]+\frac{2i\rho}{e}[s'(x)+it'(x)]-\frac{\rho^2}{e^2}[s''(x)+it''(x)]\right|,$$

....

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Courbes minima; courbes à torsion constante; courbes de Bertrand. Déformation du paraboloïde et de l'hyperboloïde de révolution.* Note de M. **Bertrand Gambier**, présentée par M. Goursat.

1. M. Bianchi a fait connaître de beaux résultats sur les *transformations asymptotiques ou normales des courbes gauches.* Personne ne semble encore avoir signalé l'intérêt exceptionnel que présentent à ce point de vue les

courbes minima ni la façon vraiment harmonieuse dont les *courbes à torsion constante* et les *courbes de Bertrand* se trouvent ainsi engendrées ou dont les transformations spéciales à ces courbes se trouvent mises en évidence. Je renvoie à mes Notes ([1]), où j'ai parlé de ces transformations, sans avoir obtenu les résultats de la Note actuelle.

2. La courbe minima (M) est définie comme arête de rebroussement de la développable isotrope enveloppe du plan

$$(1-u^2)x + i(1+u^2)y + 2uz + 4f(u) = 0.$$

Une fois v déterminé en fonction de u par l'équation de Riccati

$$E_M(\tau_1) \equiv 2i\tau_1 \frac{dv}{du} + (v-u)^2 f'''(u) = 0,$$

où τ_1 est une constante que j'appelle module de la transformation, je calcule $\varphi(v)$ par l'équation en termes finis

$$\varphi(v) \equiv \frac{(v-u)^2 f''(u)}{2} + (v-u)f'(u) + f(u)$$

et définis la courbe (M_1) par son plan osculateur

$$(1-v^2)x + i(1+v^2)y + 2vz + 4\varphi(v) = 0.$$

La courbe minima (M_1) est la transformée de (M) suivant le module τ_1; le segment MM_1 a une longueur constante $2i\tau_1$ et reste normal aux deux courbes. *Le milieu de* MM_1 *engendre une courbe à rayon de torsion constante* τ_1; *réciproquement toute courbe à torsion constante peut être ainsi engendrée.* Aux *Annales de l'École Normale* (t. 36, 1919, p. 268), j'ai signalé cette propriété, sans avoir aperçu toutes les conséquences; j'ai rattaché à cette propriété les congruences W de M. Thybaut, dont les surfaces locales sont des surfaces minima ([2]); nous allons en tirer bien d'autres conséquences.

3. Soit un module τ_2 *différent* de τ_1 (on peut admettre que τ_2 soit égal à $-\tau_1$, la valeur τ_1 seule est exceptée). Considérons une courbe (M_2) transformée de (M) suivant le module τ_2. *Le milieu* B *de* M_1M_2 *décrit une courbe de Bertrand* (B) *et la droite* M_1M_2 *est parallèle à la binormale au point* B_1

([1]) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 27 et 1594.

([2]) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, et *Bulletin de la Société mathématique de France*, 1922, p. 183 et suiv.

associé à B *sur la courbe de Bertrand* (B_1) *associée à* (B); *réciproquement toute courbe de Bertrand peut être ainsi engendrée.*

Le plan M_1M_2M est isotrope; il passe par chaque droite MM_1, MM_2, M_1M_2 un nouveau plan isotrope et ces trois plans se coupent en un point M_3 qui décrit une courbe minima (M_3) transformée de (M_1) suivant le module τ_2 et de (M_2) suivant le module τ_1 : ceci démontre la *permutabilité* des transformations et prouve que les équations de Riccati E (τ_2) relatives à (M) ou (M_1) sont strictement équivalentes.

Le parallélogramme gauche $MM_1M_3M_2$ se déplace *sans déformation* quand M décrit (M), les faces restent isotropes, les arêtes conservent les longueurs constantes τ_1 ou τ_2 et les diagonales MM_3, M_1M_2 la longueur constante $\tau_1 - \tau_2$. Les milieux T_1, T'_1 des côtés opposés MM_1 et M_3M_2 décrivent deux courbes à rayons de torsion constante τ_1 et ces *deux courbes sont transformées asymptotiques l'une de l'autre :* réciproquement tout couple de courbes à torsion constante transformées asymptotiques l'une de l'autre peut être ainsi engendré et l'on voit que le second couple engendré par les milieux T_2 et T'_2 de MM_2 et M_3M_1 est connu par des opérations rationnelles dès que le premier est connu. Enfin *les milieux* B *et* B_1 *des diagonales* M_1M_2 *et* MM_3 *décrivent deux courbes de Bertrand associées.* Inversement la seule courbe (B) connue permet de reconstituer toute la figure; donc toute surface réglée applicable sur l'hyperboloïde de révolution fournit, par opérations rationnelles, une seconde surface de même nature, complémentaire de la première, et quatre surfaces réglées applicables sur le caténoïde, engendrées par les côtés du parallélogramme, puis quatre surfaces non réglées applicables sur le paraboloïde de révolution, déduites des quatre courbes à torsion constante.

4. Soit un nouveau module τ_3, distinct de τ_1 et τ_2 (pouvant être égal à $-\tau_1$ ou $-\tau_2$). Construisons une transformée (M′) de (M) suivant le module τ_3, ce qui nous permet d'obtenir rationnellement trois courbes (M'_1), (M'_2), (M'_3) transformées suivant le même module τ_3 de (M_1), (M_2), (M_3). Il y a trois combinaisons (τ_1, τ_2), (τ_2, τ_3) et (τ_3, τ_1); j'appelle parallélogrammes opposés (τ_1, τ_2) les deux parallélogrammes gauches, égaux entre eux, $MM_1M_3M_2$ et $M'M'_1M'_3M'_2$, et tiges de liaison les arêtes MM', $M_1M'_1$, $M_3M'_3$, $M_2M'_2$: *les milieux* μ, μ_1, μ_3, μ_2 *des tiges de liaison décrivent chacun une courbe à rayon de torsion constante* τ_3, *deux courbes contiguës étant transformées asymptotiques l'une de l'autre;* $\mu\mu_1\mu_3\mu_2$ est un parallélogramme gauche dont les côtés et les dièdres restent constants, mais dont les faces

varient. *Les milieux* B *de* M_1M_2 *et* β *de* $M'M'_3$ *décrivent deux courbes de Bertrand transformées l'une de l'autre sous un certain angle constant* (¹); les milieux B_1 et β_1 de MM_3 et $M'_1M'_2$ donnent les deux courbes de Bertrand respectivement associées aux précédentes. Réciproquement un couple de courbes de Bertrand (B) et (β) transformées l'une de l'autre sous un angle constant, distinct de l'angle ω caractéristique commune de (B) et (β), permet de reconstituer toute la figure : on obtient donc rationnellement à partir de (B), (β) dix nouvelles courbes de Bertrand, donnant au total 3 parallélogrammes gauches tels que $B\beta\beta_1B_1$, puis 12 courbes à torsion constante et 8 courbes minima.

On remarquera encore que, partant de (M) pour en déduire (M_1) puis (M_3), le couple de courbes (M), (M_3) définit la surface minima admettant (B_1) pour asymptotique, tandis que les deux courbes minima (iM) et ($-iM_3$) définissent une surface minima coupant la sphère sous un angle constant.

5. Supposer $\tau_2 = \tau_1$ a pour effet de ne donner comme parallélogramme gauche que MM_1M_2, parcouru deux fois suivant MM_1 et MM_2 : ce parallélogramme gauche *replié* donne un cas de dégénérescence extrêmement important pour la déformation du paraboloïde. De même si $\tau_1 \neq \tau_2$ et si τ_3 est égal à τ_1, on a une dégénérescence remarquable.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur le mode de fonctionnement des freins d'automobile.* Note de M. **A. Petot**, présentée par M. Appell.

On sait que l'emploi simultané des deux genres habituels de freins, c'est-à-dire du frein de mécanisme et du frein de roues-arrière, permet d'atténuer leurs inconvénients respectifs. Malgré cela, dans ces derniers temps, revenant à une idée émise au Congrès de 1903, de nombreux constructeurs ont supprimé le frein de mécanisme, en le remplaçant par un deuxième frein sur chaque roue-arrière. La raison donnée pour justifier cette mesure est que le différentiel, organe relativement délicat, se trouve très surchargé lors du freinage sur le mécanisme.

D'autre part, dans ma Note du 26 décembre 1922 (t. 175, p. 1391), j'ai signalé un autre inconvénient du frein de mécanisme qui intéresse, cette fois, la stabilité de la voiture. C'était là surtout un résultat d'ordre qualitatif;

(¹) Voir mes Notes déjà citées du 3 janvier 1923 et du 4 juin 1923.

je vais y revenir ici, en considérant des exemples numériques, pour voir jusqu'à quel point on doit en tenir compte dans la pratique.

Soient C le couple moteur moyen sur le vilebrequin, m le coefficient de démultiplication du moteur à l'arbre à cardans, ρ le rendement correspondant, et nC le couple résistant dû au frein de mécanisme. On a pour la variation de charge $\frac{\Psi' - \Psi}{e}$ considérée dans ma première Note la valeur

(1) $$\Delta N = \frac{C}{e}(m\rho + n),$$

que nous allons calculer dans les principaux cas qui peuvent se présenter.

1° Considérons une voiture à cardans pesant 1500^{kg} en ordre de marche, et faisant 60^{km} à l'heure en quatrième vitesse, son moteur tournant à 1200 tours à la minute; et supposons qu'après l'avoir lancée à sa vitesse de régime, on l'arrête avec le frein de mécanisme, en lui donnant une accélération de retard égale à $0^{g},3$, sans débrayer le moteur. Un calcul simple montre que l'on a sensiblement $C = 16^{mkg}$; si alors on prend $e = 1,4$, $\rho = 0,8$ et $n = 4$, on trouve $N = 55^{kg}$.

La réaction normale N du sol est ainsi augmentée de 55^{kg} sur la roue arrière de droite, et diminuée d'autant sur celle de gauche, cela pendant un temps très court, tout au début du freinage; il y a un instant où la différence $N - N'$ entre les deux réactions normales du sol sur les roues arrière monte jusqu'à 110^{kg}. Ce n'est pas là, sans doute, un fait ayant, de lui-même, une grande importance; mais on doit néanmoins en tenir compte, car il peut, à cause du mode de fonctionnement du différentiel, contribuer, quand l'adhérence est mauvaise, à déclencher un dérapage. Il faut, tout au moins, que le chauffeur soit prévenu du danger possible, afin qu'il soit tout prêt à manœuvrer en conséquence.

2° Reprenons le même problème dans le cas de la première vitesse. Les éléments C, e, ρ et n conservent leurs valeurs, tandis que m passe d'ordinaire de 1 à 4. On trouve $\Delta N = 82^{kg}$, en sorte que le fait est le même, mais un peu plus marqué; la différence $N - N'$ est égale, un instant, à 164^{kg}.

Pour les deux autres vitesses intermédiaires, on aurait des valeurs de ΔN intermédaires aussi entre 55^{kg} et 82^{kg}.

3° Dans ces derniers temps, pour atténuer les bruits dans la transmission, et aussi pour augmenter le coefficient de démultiplication, afin de pouvoir utiliser les moteurs à très grande vitesse, on a été conduit à remplacer le

couple conique par d'autres mécanismes équivalents, tels que la vis sans fin, les engrenages hélicoïdaux, les engrenages à chevrons et le moyen démultiplicateur. Tous ces dispositifs présentent, au début du freinage sur le mécanisme, l'inconvénient dû au 2e couple de basculement Ψ, mais à un degré moindre que dans le cas ordinaire du couple conique, parce que, à cause de la plus grande démultiplication finale, ce couple Ψ y est plus petit pour une même puissance du moteur.

Conséquences — 1. Les considérations précédentes montrent bien la grande différence qui existe entre les effets des deux couples de basculement — Φ et Ψ. Il suffit, pour empêcher le pont arrière de tourner autour de son axe, sous l'action du couple de cabrage, de disposer convenablement des organes de réaction, produisant des liaisons supplémentaires qui rendent ce mouvement impossible. Mais il n'en est plus de même pour le couple Ψ; on ne peut pas éviter les variations brusques qu'il produit dans les réactions normales du sol sur les roues arrière. Et c'est pourquoi on doit en tenir compte dans la construction et la conduite de la voiture, bien qu'il soit seulement égal au quart du couple de cabrage.

2. C'est pour assurer la sécurité des voyageurs que l'on a imposé à toute voiture automobile deux systèmes distincts de freins, capables chacun de l'arrêter séparément en un temps très court. Le dispositif ordinaire, comprenant un frein sur le mécanisme et un frein sur chaque roue arrière, donne complète satisfaction pour les voitures à chaînes et les voitures à cardans transversaux, les seules où les deux couples de basculement Φ et Ψ n'interviennent pas.

3. Le problème n'est plus le même, précisément à cause du couple perturbateur Ψ, dans le cas des voitures à transmission par arbre longitudinal à cardans. La question se pose alors de voir si l'on doit supprimer le frein de mécanisme; et ensuite, dans le cas de l'affirmative, il faudra chercher par quoi on peut le remplacer. Le double frein de roues en donne une solution, qui a pu être mise au point; mais il n'y a guère là qu'un palliatif occasionnel, présentant de multiples inconvénients. On doit citer, en particulier, le danger qui résulte de ce que les deux organes de freinage sont très voisins l'un de l'autre.

Pour faire mieux, il faudrait avoir recours au freinage sur l'avant; mais c'est là une autre question, de très grande importance, que nous ne pouvons pas aborder en ce moment. Notons seulement que l'on devra, quelle que soit la solution adoptée, conserver le moteur comme frein auxiliaire de

ralentissement sur les pentes, ce qui est possible parce que le couple Ψ n'atteint, dans ce cas, qu'une valeur minime ([1]).

AÉRONAUTIQUE. — *Sur les vols effectués à Valentigney (Doubs), le 28 avril et le 1er mai 1923, à bord de l'hélicoptère « Œhmichen-Peugeot n° 2 ».* Note ([2]) de M. **Étienne Œhmichen**, présentée par M. J. Breton.

L'appareil soumis à l'expérimentation comporte quatre hélices sustentatrices d'un profil spécial, de même modèle que celles de l'appareil n° 1 dont les essais ont été portés à la connaissance de l'Académie. Les diamètres de ces hélices sont de $7^m,60$ pour la paire disposée sur l'axe transverse, et de $6^m,40$ pour celle disposée sur l'axe longitudinal. Quatre petites hélices auxiliaires ou évolueurs, dont les axes sont parallèles à ceux des sustentatrices, sont disposées sous ces dernières. Leurs pales sont planes et inclinables symétriquement de part et d'autre de l'incidence zéro. Les commandes de variation d'incidence sont ramenées à une tige centrale mobile en tous sens autour d'un de ses points. Cette tige, verticale à la position normale, c'est-à-dire lorsque l'angle d'attaque des pales de tous les évolueurs est nul, peut être manœuvrée par le pilote. La disposition des commandes qui y aboutissent est combinée de telle sorte que les mouvements instinctifs du conducteur pour rétablir son équilibre produisent sur les hélices auxiliaires les changements d'incidence appropriés pour développer les couples de redressement nécessaires à combattre le déséquilibre.

La transmission a lieu par engrenages. Le moteur rotatif a une puissance de 120 HP et est surmonté d'un gyroscope calculé pour fournir sur pivot un couple orthogonal de 140^{kgm} pour une vitesse angulaire uniforme de l'axe de 25° par seconde. Son rôle est de ralentir les oscillations de l'appareil et de permettre ainsi l'intervention, en temps utile, des manœuvres de redressement faites par le pilote. En outre, agissant comme volant, il peut se

(1) Un correspondant m'écrit que l'on avait déjà parlé avant moi, dans diverses revues, du 2e couple de basculement, sous la dénomination de « couple de rotation ». Il y a là, je crois, une erreur tenant à un manque de précision dans la façon de désigner ce couple.

M. Pol Ravigneaux a effectivement considéré, dans un article de la *Technique automobile* (n° 32, p. 114), un couple de basculement; mais ce couple est appliqué au châssis, tandis que celui que j'ai signalé est appliqué au carter du pont arrière, comme le couple du cabrage.

(2) Séance du 22 mai 1923.

substituer momentanément au moteur et assurer à l'appareil une sécurité relative à toute hauteur inférieure à 5^m.

L'appareil est remorqué par une hélice tractive de $2^m,20$ à pas variable, et en arrière de laquelle se trouvent des panneaux mobiles, à axe horizontal, et dont le mouvement est lié aux commandes des évolueurs longitudinaux. Ce dispositif a pour but d'accroître les moyens d'action du pilote pour obtenir l'équilibre longitudinal au moment de la translation.

La direction est obtenue au moyen d'une hélice semblable aux évolueurs, mais dont l'axe est horizontal. Placée près de l'avant de l'appareil, elle est commandée du poste de pilotage, et peut faire tourner l'hélicoptère dans un sens ou dans l'autre, selon le sens de l'angle que l'on donne à ses pales. Un système amortisseur, dont les points de contact avec le sol ont été rejetés le plus loin possible du centre de l'appareil, facilite l'atterrissage, en s'opposant le plus possible aux retournements.

Cet appareil, que j'ai piloté depuis le début, a accompli jusqu'à maintenant une cinquantaine de vols, à des hauteurs comprises entre 1^m et 4^m. Le 28 avril en particulier, il a pu stationner 5 minutes au point fixe, entre 2^m et 3^m du sol. Une houle sensible a été éprouvée par l'appareil. L'effet du giroscope a provoqué, comme d'habitude, une sorte de mouvement de nutation favorable à l'équilibre, et les commandes de redressement ont pu être abandonnées par le pilote pendant près de 30 secondes à un moment d'accalmie complète. Le vent ayant très légèrement repris, l'appareil a nécessité des manœuvres de redressement pour se maintenir en équilibre. La bande maxima ne paraît pas avoir dépassé 25°. Le vol a été interrompu par une défaillance du moteur, 5 minutes exactement après le départ.

Le 1er mai, à $18^h 45^m$, par un léger vent de $0^m,50$ et sur un terrain dont la longueur libre n'excédait pas 100^m, je fis une nouvelle sortie, destinée à expérimenter la translation par l'hélice tractive. L'appareil, à une hauteur de $1^m,50$ environ, obéit immédiatement à l'action de celle-ci et piqua vers le point fixé pour le virage. L'équilibre subit une amélioration très sensible dès que la translation commença. Par contre, la sustentation s'affaiblit immédiatement, bien que le moteur eût été maintenu à la même vitesse par une ouverture plus large de l'admission des gaz.

L'appareil, arrivé au point fixé pour le virage qu'imposaient les dimensions exiguës du terrain, fut stoppé en ramenant à zéro l'incidence de l'hélice tractive que commande une pédale. L'appareil fit alors un virage de 180° en équilibre complet. Parvenu au nouveau cap, l'hélice de déviation fut remise à zéro et, l'incidence ayant été rendue à l'hélice tractive,

l'appareil repartit en sens inverse, croisa exactement son point de départ, et, continuant d'environ 40^m, vint se placer, à 1^m près, au point fixé pour l'atterrissage, évitant plusieurs obstacles disséminés sur sa route. L'atterrissage eut lieu par la verticale, l'incidence de la tractive ayant été une fois de plus ramenée à zéro.

Cette expérience constitue, à notre connaissance, le premier circuit fermé en hélicoptère qui ait jamais été accompli. La longueur du parcours fut de 120^m environ. Hormis la question du moteur, dont le fonctionnement laissait encore à désirer, rien ne paraît s'opposer à ce que des parcours plus grands soient effectués en air calme. La vitesse constatée n'a pas dépassé 10^{km} à l'heure, l'incidence de l'hélice tractive n'ayant pu être maintenue à sa valeur maxima par suite du faiblissement du moteur.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur le rayonnement électromagnétique de particules électrisées.* Note de M. **Max Morand**, présentée par M. Émile Borel.

Nous avons précédemment montré [1] comment la théorie de relativité généralisée et l'électromagnétisme permettent de rendre compte de la force pesante à laquelle est soumise une particule électrisée dans un champ de gravitation. Cette force a pour origine l'action sur la particule du champ électromagnétique de rayonnement émis par celle-ci quand elle se trouve immobile dans un champ de gravitation. Mais une question se pose alors : où est continuellement empruntée l'énergie rayonnée par la particule, énergie que le champ de rayonnement emporte à l'infini ? L'analyse que nous avons faite est incomplète. Elle ne tient pas compte de cette perte d'énergie. Elle n'est valable qu'au degré d'approximation où l'on admet que les mouvements sont quasi stationnaires. Pour que le principe de conservation de l'énergie soit satisfait, il faut trouver une source d'énergie qui permette à la particule de récupérer celle qu'elle dissipe par rayonnement.

Nous avons admis que la particule électrisée est soumise à deux champs qui, dans l'état quasi stationnaire, se contre-balancent exactement :

1. Un champ de gravitation statique et permanent;
2. Un champ électrostatique.

Si ces champs étaient tous les deux ainsi, l'énergie que la particule pos-

---

[1] *Comptes rendus*, t. 176, 1923. — *Erratum :* dans les intégrales (4), (6), (8), de la Note du 14 mai, le facteur $-\frac{1}{4\pi}$ a été omis.

sède dans chacun d'eux resterait rigoureusement constante et l'on ne saurait expliquer l'origine de l'énergie rayonnée. Mais, en réalité, si l'on se donne un certain champ de gravitation statique et permanent, et si l'on veut que le champ de gravitation existant par rapport à la particule conserve cette valeur constante, il faut soumettre celle-ci à un champ électrique non plus statique, mais variable avec le temps. L'énergie de rayonnement est alors empruntée à l'énergie potentielle de la particule dans le champ électrique. Cette énergie va continuellement en décroissant, ce qui correspond à un champ électrique croissant. Si le champ électrique ne variait pas ainsi, la particule se mettrait en mouvement et emprunterait son énergie au champ de gravitation.

On peut arriver à ce même résultat en considérant ce qui se passe par rapport au système de coordonnées géodésiques, qui est quasi euclidien. Dans ce système, la particule possède une certaine accélération $\frac{dv}{dt}$. Elle est soumise à une force électrique extérieure $e\overline{F}$, et à une force virtuelle $\overline{F'}$ dont le travail est précisément égal à la perte d'énergie par rayonnement, et qui correspond à une réaction retardatrice du mouvement ([1]). Cette force $\overline{F'}$ est une certaine fonction de la vitesse et de ses dérivées par rapport au temps et l'on a

$$(1) \qquad m\frac{dv}{dt} = e\overline{F} + \overline{F'},$$

$$(2) \qquad \overline{F'} = f\left(v, \frac{dv}{dt}, \frac{d^2v}{dt^2}, \dots\right).$$

Si l'on veut que $\frac{dv}{dt} = \gamma$ soit constant (champ de gravitation constant par rapport à la particule), il faut que l'on ait

$$(3) \qquad e\overline{F} = m\gamma - \overline{F'}.$$

γ étant constant, $\overline{F'}$ est seulement fonction de γt :

$$(4) \qquad \overline{F'} = f(\gamma t - v_0, \gamma)$$

et la fonction f est telle que $\overline{F}$ aille continuellement en croissant en fonction du temps. Au moyen de formules tensorielles on peut passer de la force $\overline{F}$ mesurée dans le système géodésique à la force F mesurée dans le système lié à la particule. On voit ainsi que F doit être une fonction croissante du

([1]) Cf. par exemple M. Abraham, *Theorie der Elektrizität*, t. 2, 4e édition, p. 115 et 376.

temps si l'on veut que la particule reste immobile dans un champ de gravitation déterminé.

La difficulté concernant l'émission continuelle d'énergie électromagnétique étant ainsi résolue, nous ferons une remarque importante relative au mouvement des électrons sur les orbites quantifiées à l'intérieur des atomes. Comme on admet que l'électron ne rayonne pas le long de ces orbites, les équations mécaniques du mouvement ne contiennent pas de réaction de rayonnement et le mouvement reste stationnaire. Mais si l'on supprime à la fois le champ électrique et le champ magnétique de rayonnement, comment l'électron peut-il rester soumis à une force d'inertie $-m\vec{\gamma}$ qui peut être regardée comme la résultante des actions exercées sur toutes les parties de l'électron par le champ électrique de rayonnement émis par les autres parties? Comme la masse d'inertie de l'électron conserve une valeur constante et bien définie, il faut bien admettre, si l'on veut conserver cette explication, que seul le champ magnétique disparaît de l'onde de rayonnement, le champ électrique subsistant intégralement. Cela n'est pas plus choquant que de supprimer en bloc tout le rayonnement, et, au moins, les équations mécaniques conservent leur signification.

Les conclusions que l'on pourrait tirer d'une vérification expérimentale de la théorie du rayonnement électromagnétique de particules électrisées dans un champ de gravitation seraient du plus grand intérêt. Malheureusement il ne semble pas que ce soit actuellement possible. Le seul champ de pesanteur et les masses électrisées dont on dispose sont beaucoup trop faibles pour qu'on puisse tenter un essai. En particulier la variation si remarquable du champ électrique auquel doit être soumis une particule pour rester en équilibre dans le champ de la pesanteur est d'un ordre de grandeur si petit qu'il serait impossible de la mettre en évidence dans des expériences même fort longues.

MAGNÉTISME. — *Essai magnétique des aciers à la traction. Limites élastiques.* Note de M. L. **Fraichet**.

Le barreau, soumis à une traction avec une vitesse constante, est placé comme noyau d'une bobine comprenant deux enroulements: un primaire, relié à un accumulateur et un secondaire, relié à un galvanomètre ordinaire, à enregistrement photographique.

Le diagramme ainsi obtenu automatiquement représente la variation de l'aimantation du barreau pendant sa traction.

L'essai de 78 éprouvettes, provenant de 26 variétés différentes d'aciers fabriqués et traités aux usines du Creusot, a donné les résultats suivants :

1° Avec le même appareillage et la même force magnétisante, une même variété de métal donne toujours, *exactement*, le même diagramme d'aimantation. Ce diagramme constitue ainsi une véritable fiche d'identité du métal et peut servir à le classer;

2° Le diagramme d'aimantation donne toutes les indications de la machine à traction et, par conséquent, du diagramme ordinaire de traction (charges en fonction des allongements), mais avec plus de netteté et de précision que ce dernier;

3° Le diagramme d'aimantation indique encore une déformation moléculaire *permanente*, pour une charge relativement basse, ne dépendant que de la nature et du traitement du métal, charge que nous appelons « limite élastique vraie », parce qu'elle semble correspondre au début des déformations permanentes notables ou, tout au moins, à un *changement d'allure* de ces déformations, qui ne se traduisent d'ailleurs pas forcément par un allongement permanent du barreau et peuvent ne pas être décelées par les mesures d'allongement, quelle que soit leur précision.

Il resterait à élucider la relation qui existe entre la « limite élastique vraie » et la « limite de fatigue », c'est-à-dire l'effort maximum qui pourrait être pratiqué un nombre infini de fois sans produire la rupture.

Le rapport de la « limite élastique vraie » à la limite de proportionnalité est de :

0,7 à 0,95, chez les aciers ordinaires, recuits; 0,5 à 0,65, chez les aciers ordinaires, trempés à l'huile avec ou sans revenu, trempés à l'eau et revenus ou écrouis.

Chez les aciers ordinaires ou spéciaux, trempés sans revenus et chez les aciers moulés, qui n'ont pas de limite de proportionnalité bien nette, le rapport entre la « limite élastique vraie » et la charge de rupture varie de 0,25 à 0,45. La faiblesse de ce rapport paraît expliquer *la fragilité* de ces aciers.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur quelques phénomènes d'altération superficielle du verre, décelables par les courants de haute tension.* Note (1) de M. **Paul Woog**, présentée par M. Marcel Brillouin.

Lorsqu'on mesure dans un récipient de verre la rigidité diélectrique d'un hydrocarbure isolant, il se produit souvent, à la surface du liquide, un bouillonnement. Cette agitation est due au passage d'un courant de tension élevée, dérivé des électrodes, et cheminant à la surface du verre, celui-ci étant relativement conducteur pour le haut voltage employé. Le montage suivant nous a permis l'étude du phénomène :

Le liquide isolant était contenu dans un vase cylindrique en verre très mince de 145^{mm} de haut sur 60^{mm} de diamètre, rempli jusqu'à une hauteur de 100^{mm}. Le vase reposait au centre d'un plateau métallique circulaire de 114^{mm} de diamètre. On plaçait sur le vase une plaque d'ébonite de 100^{mm} de long, 35^{mm} de large et 20^{mm} de haut, traversée en son milieu par une tige de laiton de 5^{mm} de diamètre et de 134^{mm} de long, terminée par une sphère de laiton de $12^{mm},5$ de diamètre. Cette électrode était fixée dans le bloc d'ébonite de telle manière que la sphère plongeait, ainsi que 7^{mm} de la tige, dans le liquide, au centre du vase. On lançait dans ce dispositif un courant alternatif à 25 périodes, provenant du secondaire d'un transformateur dont on augmentait la tension d'une manière progressive et continue; les conducteurs étaient reliés au plateau d'une part, et de l'autre à la tige centrale. Pour un voltage suffisant, une décharge éclatait, partant de la tige et venant frapper la paroi du verre; cette décharge produisait un crépitement caractéristique, amplifié par le vase qui forme résonateur; nous avons toujours pris comme signal, la première manifestation de ce crépitement. La décharge participe de l'effluve et de l'étincelle de convection : elle se produit à la surface de l'hydrocarbure, et dégage dans l'obscurité de faibles lueurs. Arrivé au verre, le courant suit la paroi du vase et s'écoule dans le plateau inférieur, tant par conductibilité directe que par un effet de condensation. La forme du champ électrostatique influe sur le voltage disruptif, et les appareillages doivent être rigoureusement les mêmes pour donner les résultats comparatifs. La constance de la hauteur du liquide est aussi très importante : toute augmentation correspond, en effet, à un accrois-

(1) Séance du 11 juin 1923.

sement de la distance explosive. Les tensions étaient données par un voltmètre branché sur un courant primaire pouvant atteindre 120 volts, puis les lectures étaient converties en tensions secondaires, le rapport de transformation (470 ou 940) étant connu.

Si l'on utilise un vase lavé à HCl dilué, puis à l'eau, séché ensuite à 100° et rempli d'une huile minérale anhydre, la résistance du circuit est grande, mais on sait que les gaz ainsi que l'humidité retenus dans la paroi du verre peuvent suffire à conduire le courant (¹) et la décharge se produit sous un voltage suffisant. Quand on fait varier la température entre 11° et 100°, nous avons trouvé, le niveau de l'huile étant maintenu constant, que le voltage nécessaire à la production de la décharge diminuait avec l'échauffement, le taux de l'abaissement étant plus élevé à basse température.

°	Volts efficaces.	°	Volts efficaces.	°	Volts efficaces.
11	67700	30	63650	70	58000
15	66650	40	62150	80	56650
20	65400	50	60650	90	55350
25	64400	60	59300	100	54100

Lorsque le liquide contenu dans le vase n'est pas complètement anhydre, les voltages trouvés sont du même ordre, mais, en général, un peu inférieurs. L'affinité du verre pour l'eau est en effet bien connue, et M. Pionchon (²) a pu réaliser un hygroscope électrique très sensible basé sur cette propriété.

Tout change si, au lieu d'employer un vase fraîchement nettoyé, on l'abandonne d'abord dans un endroit humide. Un tel récipient séché à l'air à 25° ou mieux dans le vide sur P^2O^5, puis rempli d'huile anhydre, donne bien des tensions de décharge analogues à celles que nous avons indiquées; mais si on le remplit avec un hydrocarbure contenant des traces d'eau, on voit le voltage baisser progressivement, puis se stabiliser pour une température déterminée : la chute de tension devient considérable au-dessous de 18°; elle remonte avec la même rapidité s'il se produit un réchauffement. Voici des chiffres trouvés pour un échantillon refroidi, puis réchauffé :

(¹) V. Bush et L.-H. Connell, *Journal of the Franklin Institute*, août 1922, p. 231.

(²) J. Pionchon, *Comptes rendus*, t. 146, 1908, p. 809.

	Volts efficaces.		Volts efficaces.		Volts efficaces.
18°	65800	14°	38000	12°	27300
17	64400	13,5	35700	11,5	26350
16	62950	13	33350	11,25	25900
15	61500	12,5	31000	11,25	25400
14,5	40500	12,5	28200		
11,5	25800	14,5	31350	17,5	50500
12	26700	15	32700	18	56500
12,5	27500	15,5	34000	18,5	63000
13	28350	16	36600	19	63900
13,5	29150	16,5	41000	20	64550
14	30350	17	45500		

Cette propriété du verre nous semble être causée par l'effleurissage de la surface du vase qui libère les bases par hydrolyse des silicates, mécanisme indiqué par Germann (1) à propos de la dévitrification. L'acide carbonique de l'air crée alors à la surface du verre une mince pellicule de carbonate de soude. Ce sel, cristallisé avec 4 ou 5 molécules d'eau à température ordinaire, se transforme par refroidissement en hydrate à $10 H^2O$, si l'eau peut arriver jusqu'à lui. Il s'effleurit lorsque, par suite d'un réchauffement, la tension de vapeur de l'hydrate n'est plus équilibrée par celle de la vapeur d'eau contenue dans le liquide. Les deux faces du verre participent naturellement à cette réaction : la face extérieure tend à absorber l'humidité atmosphérique, mais l'intérieur du vase, plus altérable, comme l'a montré M. Nicolardot (2), est plus actif.

Les liquides utilisés pour les expériences ne doivent pas attaquer la pellicule conductrice : ainsi la faible quantité d'acide libre contenue dans les huiles grasses suffit à détruire la couche carbonatée, et alors la tension d'éclatement reste très élevée (jusqu'à 75000 volts).

Nous avons vérifié, avec des huiles de viscosités fort différentes, que le coefficient de frottement interne ne jouait pas de rôle et que la loi de Wiedemann (3) ne s'appliquait pas à nos expériences.

Cette variation d'hydratation du verre permet de déceler dans les hydrocarbures une proportion d'eau inférieure à $\frac{1}{60000}$.

(1) GERMANN, *Journal of the American Chemical Society*, janvier 1921, p. 11.
(2) NICOLARDOT, *Chimie et Industrie*, février 1923, p. 242-170 T.
(3) G. WIEDEMANN, *Ann. Pogg.*, t. 99, 1856, p. 229.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de l'écrouissage sur la résistivité des métaux et des alliages.* Note de MM. **Léon Guillet** et **Marcel Ballay**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Dans une précédente Note [1], nous avons indiqué une méthode pour enregistrer la variation de la résistivité d'un produit métallurgique en fonction de la température de recuit et quelques-uns des résultats qu'elle nous a donnés, notamment sur les laitons.

Poursuivant ces recherches, nous avons déterminé l'influence de l'écrouissage et du recuit sur la résistivité des métaux purs et des alliages.

Le Tableau suivant donne les résultats obtenus avant et après écrouissage sur métaux purs préalablement recuits aux températures indiquées. L'écrouissage a été opéré au maximum (précédant l'apparition de criques) par laminage à froid.

L'augmentation de résistivité apportée par l'écrouissage est fixée en pour 100 de la résistivité du métal recuit : $\Delta\rho$ pour $100 = \frac{(\rho_e - \rho_r)100}{\rho_r} - 100$, ρ_e et ρ_r étant les résistivités du métal écroui et du métal recuit.

	$\Delta\rho$ pour 100.	Température de recuit.		$\Delta\rho$ pour 100.	Température de recuit.
Al........	+1,60	450°	Mg.......	+2,10	450°
Ag........	+0,90	850	Ni.......	+2,70	250
Au........	+1,10	850	Pt.......	+1,60	850
Cd........	+1,10	250	Pb.......	−1,40	250
Cu........	+2,0	650	Sn.......	−0,90	200
Fe........	+0,50	675	Zn.......	+3,40	300

On voit que les variations de la résistivité par écrouissage, du moins dans les limites de notre étude, sont faibles, moins de 4 pour 100. Tous les métaux expérimentés donnent une augmentation de résistivité par écrouissage, sauf le plomb et l'étain qui ne s'écrouissent pas à la température ordinaire.

Pour le cuivre, nous avons étudié la variation de la résistivité, en fonction de la température de recuit du métal écroui. Nous avons trouvé les valeurs suivantes, $\Delta\rho$ pour 100 représentant comme plus haut la variation de résistivité en pour 100 de la résistivité du métal recuit aux températures indiquées.

(1) *Comptes rendus*, t. **172**, 1921, p. 1576.

Température de recuit.	Pour 100.	Température de recuit.	Pour 100.
200°	+0,15	600°	+2,15
300	+1,40	800	+1,20
400	+2,10	1000	+1,70.

Il existe donc un minimum de résistivité, ainsi que l'a signalé Gredner[1]. Mais, contrairement aux résultats de celui-ci, nous trouvons que, même pour une température de recuit de 1000°, la résistivité est encore notablement plus faible que celle du métal écroui.

Le Tableau suivant donne les résultats les plus intéressants que nous avons obtenus sur les alliages :

Alliages.	Température de recuit.	Pour 100.
Laiton Cu 91,7	650°	+ 3,6
» Cu 81,8	650	+11,4
» Cu 67,9	650	+21,8
» Cu 60,3	650	+16,5
Bronze Cu 92,5 Sn 7,3	675	+ 4,1
Cu 28,4 Ni 67 Mn 2,60	650	+ 7,7
Ag 94,7 Cu 5,3	700	+ 8,6
Pt 75 Ir 25	950	+ 0,5
Cu 65,6 Ni 13,4 Zn 20,3	650	− 1,5
Cu 55,6 Ni 23,24 Zn 18,9	650	+ 6,7

Les remarques suivantes s'imposent :

1° Alors que pour tous les métaux purs et la plupart des alliages l'écrouissage ne fait varier la résistivité que de quelques centièmes, on constate une augmentation de plus de 21 pour 100 pour le laiton Cu = 68, Zn = 32.

2° De façon générale, pour tous les alliages formés d'une solution solide, on note une variation de résistivité par écrouissage bien supérieure à celle éprouvée par les métaux purs.

3° Cependant, pour tous les alliages Cu-Ni-Zn (maillechorts), nous avons constaté une diminution de résistivité par écrouissage. Cette diminution, qui peut atteindre 6,7 pour 100, est probablement liée à l'existence d'une transformation signalée par M. H. Le Chatelier[2]. La diminution est d'autant plus importante que la teneur en cuivre est plus faible. Ce fait est particulièrement intéressant à noter, ces alliages étant constamment utilisés comme résistance.

---

(1) *Zeit für Phys. Chemie*, t. 82, 1913, p. 457.

(2) *Contribution à l'étude des alliages* (Société d'encouragement), 1901.

Nous avons d'ailleurs étudié pour les principaux alliages la variation de résistivité en fonction du degré d'écrouissage. Voici les résultats obtenus pour le laiton : Cu = 68, Zn = 32 :

Charge de rupture (kg/mm²).	ρ (microhms/cm²-cm).
38,6	6,47
57,2	6,88
71,2	7,55
82,7	7,88

Enfin, nous avons cherché à préciser si le mode de déformation avait une influence sur la résistivité et avons essayé notamment l'influence d'écrouissage par torsion ou pliage et non par étirage.

Les deux modes de déformation donnent des résultats identiques. En tous les cas, le recuit ramène le métal à sa résistivité primitive.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le paramagnétisme et la structure de l'atome.* Note de M. **A. Dauvillier**, présentée par M. G. Urbain.

Dans un travail récent (¹) M. B. Cabrera a montré que les moments magnétiques des divers ions des éléments rangés du titane au cuivre, exprimés en magnétons de Weiss, variaient d'une façon très régulière en fonction d'un certain nombre entier N_1, en passant par un maximum au milieu de la période et en s'annulant à ses deux extrémités. M. Cabrera interprète ce résultat en supposant que la couche électronique M de ces éléments est complète avec 8 électrons et que le moment est dû aux seuls électrons N périphériques. Si l'atome normal a perdu un nombre de corpuscules superficiels égal à la valence électropositive de l'ion, les électrons restants forment un groupe N_1, variant de 3 à 10 de Cr^{+++} à Cu^{+}.

Nous avons cherché à interpréter ce phénomène en supposant, au contraire, que le paramagnétisme était dû à deux causes distinctes agissant parfois isolément et parfois simultanément, à savoir : la présence d'électrons superficiels (éléments électropositifs monovalents, groupes d'ions *électropositifs* Ti-Cr, Zr-Mo, Ct-W et Th-U) et d'électrons internes (²) (groupes Mn-Ni, 43-Pd, 75-Pt, Ce-Lu) sur des niveaux incomplètement garnis. Les éléments Si-S, Ge-Se, Sn-Te, etc., bien qu'ayant la même structure superfi-

(¹) *Journal de Physique*, t. 6, 1922, p. 443.

(²) *Rev. gén. de l'Électr.*, t. 8, 1920, p. 787.

cielle que les groupes du type Ti-Cr, sont, au contraire, diamagnétiques par suite de leur caractère électronégatif. Nous avons, de plus, cherché à définir les niveaux responsables de cette propriété en nous basant sur le système d'édification électronique des éléments que nous avons obtenu ([1]) par l'étude des spectres de rayons Röntgen, rapprochée des données relatives aux potentiels d'ionisation et aux limites des séries optiques.

I. Comme l'exigent les spectres optiques des éléments de la troisième famille, la couche N devient diquantique pour le scandium avec les trois niveaux $N_{10} N_9$ et N_8. Simultanément les huit corpuscules M, qui garnissaient les trois niveaux diquantiques $M_6 M_5$ et M_4, se répartissent sur les orbites triquantiques $M_6 M_5 M_4 M_3 M_2 M_1$. Il est probable que la couche $M_6 M_5 M_4$ demeure invariablement chargée de six électrons $(4 + 1 + 1)$ du scandium au brome. Les niveaux $M_3 M_2 M_1$ acquièrent quatre électrons de Mn à Ni et sont définitivement saturés avec six corpuscules $(2 + 2 + 2)$ pour ce dernier. Si les électrons de valence $(N_{10} N_9 N_8)$ demeurant dans les ions concourent avec les électrons internes sous-jacents $(M_3 M_2 M_1)$, à la manifestation du paramagnétisme leur somme doit varier régulièrement en fonction des moments donnés par M. Cabrera. Le Tableau suivant montre qu'il en est bien ainsi : les ions Sc^{+++} et Cu^{+} qui, tous deux, possèdent des niveaux saturés, symétriquement garnis de deux électrons, ont un moment nul ([2]).

Nombre des électrons sur les niveaux des ions Sc-Cu.

Niveaux.	Sc^{+++}	Ti^{++++}	Ti^{+++}	Ti^{++}	V^{++++}	V^{+++}	V^{++}	Cr^{+++}	Cr^{++}
K(2)									
$L_{3,2,1}$ $(4 + 2 + 2)$									
$M_{6,5,4}$ $(4 + 1 + 1)$									
$M_{1,2,3}$	2	2	2	2	2	2	2	2	2
$N_{8,9,10}$	0	0	1	2	1	2	3	3	4
$M_{1,2,3} + N_{8,9,10}$	2	2	3	4	3	4	5	5	6
Moments magnétiques en magnétons de Weiss...	0 (saturé)	0	8	14?	8?	14?	19?	19	24

([1]) *Journal de Physique*, t. 6, 1922, p. 154 et 221.

([2]) Ce schéma est en désaccord avec la théorie d'édification atomique de Bohr (*Zeits. für Phys.*, t. 9, 1922, p. 1) d'après laquelle la couche M doit être complète pour le cuivre alors que nous l'avons supposée seulement édifiée définitivement pour le krypton.

Mais, outre que le système de Bohr ne rend pas compte de la courbe des moments magnétiques, il est incompatible avec l'existence de la raie de haute fréquence $K\gamma$ — et par conséquent des niveaux $N_9 N_8$ — durant la période Sc-Cu. Si la couche M se complétait au cuivre, les niveaux N_8 et N_9 ne devraient pas exister au-dessous du gallium, ce qui est manifestement contraire à l'expérience.

Nombre des électrons sur les niveaux des ions Sc-Cu (*suite*).

Niveaux.	Mn^{+++}	Mn^{++}	Fe^{+++}	Fe^{++}	Co^{+++}	Co^{++}	Ni^{+++}	Ni^{++}	Cu^{++}	Cu^{+}
K(2)										
$L_{3,2,1}(4+2+2)$										
$M_{6,5,4}(4+1+1)$										
$M_{1,2,3}$	3	3	4	4	5	5	6	6	6	6
$N_{8,9,10}$	3	4	3	4	3	4	3	4	5	6
$M_{1,2,3}+N_{8,9,10}$......	6	7	7	8	8	9	9	10	11	12
Moments magnétiques en magnétons de Weiss.....	24?	29	29	26	26?	25	25?	16	10	0 (saturé)

Le raisonnement que nous avons suivi à propos du groupe Sc-Cu peut se transposer intégralement pour les groupes Y-Ag et Lu-Au, en remplaçant les niveaux superficiels $N_{10}N_9N_8$ respectivement par $O_6O_5O_4$ et $P_3P_2P_1$ et les niveaux sous-jacents $M_3M_2M_1$ par $N_7N_6N_5$ et $O_3O_2O_1$. La couche N ne devient tétraquantique avec 12 électrons qu'à l'indium et ne se garnit de 18 corpuscules qu'au xénon [1]. La couche O est complète avec 18 électrons pour Em au lieu de l'être pour l'or, comme dans le système de Bohr.

II. Le paramagnétisme qui se manifeste dans le groupe des terres rares est, au contraire, un pur effet de dissymétrie interne puisque les ions y sont invariablement trivalents. Les mesures d'Urbain et Jantsch, de Williams et de Cabrera montrent l'existence, en fonction du nombre atomique, de deux courbes symétriques de moments magnétiques Ce-Eu et Sa-Lu, d'inégale importance et tout à fait semblables à la courbe Ti-Cu. Ce phénomène indique que l'édification définitive des niveaux N s'effectue en deux étapes. Nous avons montré par ailleurs, dans une précédente Note (*loc. cit.*) qu'il apparaissait, avant les terres rares, deux niveaux anormaux N'_8 et N'_9 disparaissant vers le gadolinium et avions supposé que cette disparition coïncidait avec l'apparition des niveaux N_1 et N_2, la raie $M\alpha'_1$ devenant, d'après Hjalmar, juste visible pour le dysprosium. Si l'on admet de plus que N_7 se confond avec N_6 dès que se forme le troisième niveau anormal N'_7, c'est-à-dire pour Ce, et que ce niveau disparaît pour le lutécium en

(1) Le fait que la couche électronique superficielle O est triquantique avec 6 niveaux pour le xénon (*Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1381), alors que tous les autres gaz rares ont une couche périphérique diquantique avec 3 niveaux, s'explique par le fait que, seule, la couche N peut acquérir 10 niveaux (pour In) et que le nombre total de quanta ne peut s'abaisser lors d'un réarrangement électronique interne.

redonnant naissance à N_7, on n'a que dix niveaux N durant tout le groupe des terres rares. L'on rend compte aussi du renforcement de $M\gamma$ pour l'ytterbium, les électrons qui garnissaient N'_7 se reportant sur N_6 et N_7. Si enfin, comme nous l'avons admis, les électrons s'ajoutent dans le groupe cérique sur N'_7 (les raies L provenant de ce niveau croissent rapidement en intensité depuis Ce jusqu'à Sa), on voit que la dissymétrie passe par un maximum pour le néodyme (N'_7), puis pour le dysprosium (N_1 et N_2) exactement comme le veulent les deux courbes de moments magnétiques. Par raison de symétrie et par analogie avec l'édification des niveaux M, les 10 niveaux N présenteraient alors, une fois saturés (pour Lu), les charges électroniques suivantes :

N_{10}	$N_9 N_8$	$N_7 N_6 N_5$	$N_4 N_3 N_2 N_1$
8	4 + 4	3 + 3 + 2	2 + 2 + 2 + 2

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les ions complexes formés par les sels d'argent et l'ammoniaque ou les ammoniaques substituées.* Note de M. **P. Job**, présentée par M. G. Urbain.

Dans une précédente Communication [1], j'ai montré que les sels d'argent forment avec l'éthylènediamine deux ions complexes de formules $(Ag\,en^2)^+$ et $(Ag\,en)^+$, et j'ai déterminé les constantes d'équilibre et les affinités des réactions correspondantes. La même méthode peut être appliquée à l'étude de l'action sur un sel d'argent d'une ammoniaque substituée quelconque.

La diéthylamine, par exemple, se comporte, à très peu près, comme l'éthylènediamine. L'ion complexe formé en solution concentrée en diéthylamine (de 1 à $\frac{1}{50}$ mol par litre) et étendue en nitrate d'argent (de 0,2 à 2×10^{-3} mol par litre) a pour formule $\{Ag[(C^2H^5)^2NH]^2\}^+$, sa stabilité est légèrement inférieure à celle du composé correspondant d'éthylènediamine [2]. En solution plus diluée en diéthylamine, il n'est plus possible d'admettre la seule existence de l'ion précédent; la proportion d'argent dissimulé est plus forte que celle que l'on calculerait à partir de cette hypothèse; mais les résultats des mesures s'interprètent aisément en supposant la formation d'un complexe monoaminé $\{Ag[(C^2H^5)^2NH]\}^+$.

(1) *Comptes rendus*, t. **176**, 1923, p. 442.
(2) Les valeurs numériques seront indiquées plus loin.

L'hexaméthylènetétramine donne également deux ions complexes

$$\{Ag[(CH^2)^6N^4]^2\}^+ \quad \text{et} \quad \{Ag[(CH^2)^6N^4]\}^+,$$

dont la stabilité est beaucoup moindre que celle des précédents [1].

Enfin l'ammoniaque concentrée donne avec l'argent un ion de formule $[Ag(NH^3)^2]^+$ et la valeur de la constante d'équilibre correspondante coïncide à très peu près avec celle de Botländer [2]. Mais, en solution diluée, les phénomènes paraissent plus compliqués que dans les cas précédents; il ne m'a pas été possible d'interpréter simplement les résultats obtenus [3].

Enfin j'ai étudié l'action de la température sur la stabilité des différents ions d'argento-diamine.

La constante d'équilibre K de la réaction $Ag^+ + 2\,en \rightleftarrows [Ag\,en^2]^+$, par exemple, est obtenue [4] par la mesure des deux différences de potentiel e_0 et e de contact entre une électrode d'argent et deux liqueurs, contenant de l'azotate d'argent (à la même concentration A), dissous soit dans l'eau pure, soit dans une solution d'éthylénediamine de concentration moléculaire E. Si E est assez grand et A assez petit, on a

$$K = \frac{A}{C_{Ag} \times E^2} \qquad \text{et} \qquad \log K = \frac{(e_0 - e)\,F}{RT} - 2\log E,$$

où R est la constante des gaz, T la température absolue de l'expérience et F la charge électrique d'un ion gramme monovalent. L'affinité ψ de la réaction [5] est donnée par l'équation

$$\psi = RT\log K = (e_0 - e)\,F - 2\,RT\log E.$$

On déduit de ces relations

$$\text{(I)} \qquad \frac{d\psi}{dT} = F\left[\frac{de_0}{dT} - \frac{de}{dT}\right] - 2\,R\log E$$

et

$$\text{(II)} \qquad \frac{d\log K}{dT} = \frac{1}{R}\,\frac{d\psi}{dT} - \frac{\psi}{RT^2}.$$

L'action de la température sur la constante d'équilibre ou sur l'affinité de

---

(1) Les valeurs numériques sont indiquées plus loin.

(2) Bodländer et Fittig, *Zeitsch. f. phys. Chem.*, t. 39, 1902, p. 605.

(3) Lorsqu'on ajoute quelques centièmes de centimètres cubes d'ammoniaque décinormale à 100^{cm^3} d'une solution millinormale de nitrate d'argent, on constate la dissimulation de trois atomes d'argent environ par molécule d'ammoniac.

(4) P. Job, *loc. cit.*

(5) Il s'agit du travail maximum obtenu par l'action de 2 en en solution normale sur un ion Ag en solution normale, avec formation d'un ion $Ag\,en^2$, en solution normale.

la réaction considérée, peut donc être déterminée par la mesure des variations thermiques des deux différences de potentiel e_0 et e. Ces variations sont faibles; pour les obtenir avec une précision suffisante, j'ai fait varier lentement la température de la solution étudiée, de 0° à 30° et *vice versa* (1), en suivant les variations concomitantes de la force électromotrice. Les valeurs obtenues sont concordantes, qu'elles correspondent à une période d'échauffement ou de refroidissement de la solution, et si on les porte sur un diagramme, elles se placent, aux erreurs d'expériences près, sur une ligne droite. Les coefficients de température des forces électromotrices e_0 et e peuvent donc être regardés comme constants dans l'intervalle de température considéré.

On trouve ainsi $\frac{de_0}{dT} = -0,7 \times 10^{-3}$ volt, $F\frac{de_0}{dT} = -70$ joules, environ. De même $F\frac{de}{dT}$ est égal à -25 pour une solution normale d'éthylènediamine et à $+15$ pour une solution décinormale. La formule (I) donne pour $\frac{d\psi}{dT}$ les deux valeurs concordantes -45 et -47 joules par degré, soit environ -11 calories par degré. L'équation (II) donne alors, en tenant compte de la valeur de ψ (2) : $\frac{d\log K}{dT} = -8 \times 10^{-2}$ à 16°; la constante d'équilibre diminue donc de 8 pour 100 pour une élévation de température de 1° (3). Enfin la chaleur de réaction Q s'obtient par la relation $Q = \psi - T\frac{d\psi}{dT} = 13\,500$ calories, elle ne varie pas entre 0° et 30°.

J'ai mesuré de la même manière l'influence de la température sur les ions argento-diaminés formés par l'ammoniaque, la diéthylamine et l'hexaméthylènetétramine. Le Tableau suivant résume l'ensemble des résultats obtenus. Les valeurs des constantes d'équilibre K et des affinités ψ se rapportent à la température de 16°, les coefficients de température $\frac{d\psi}{dT}$ des affinités et les chaleurs de réaction φ à une température quelconque comprise entre 0° et 30°. Les affinités et les chaleurs de réaction sont évaluées en calories.

(1) La température du reste de la chaîne (solution SO^4K^2, électrode au calomel) reste constante.

(2) P. Job, *loc. cit.*

(3) Cette variation est relativement faible. Il est donc inutile pour la détermination de K de maintenir la température constante à plus de 1° près.

B.	Complexe monoaminé AgB. K (1).	ψ.	Complexe diaminé AgB^2. K.	ψ.	$\frac{d\psi}{dT}$.	Q.
NH^3	—	—	$7,6.10^7$	10400	—16	14700
$(C^2H^5)^2NH$	$1,3.10^4$	5400	$9,7.10^6$	9200	—22	15200
$NH^2—CH^2—CH^2—NH^2$	10^5	6600	$6,8.10^7$	10300	—11	13500
$(CH^2)^6N^4$	$1,3.10^2$	2800	$3,1.10^3$	4600	— 7,5	6800

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Contribution à la théorie de moteurs à combustion interne.* Note (2) de M. **Marcus Brutzkus**, présentée par M. Painlevé.

Dans une Note antérieure (3), il a été démontré que nous ne pouvons brûler des combustibles dans les moteurs dans le court délai de 0,05 seconde qu'à la condition d'agir continuellement sur la pression, la température et la concentration des gaz dans une direction définie.

De la formule

$$\frac{p_1^{n_1} p_2^{n_2} p_3^{n_3}\ldots}{p_1'^{n_1'} p_2'^{n_2'} p_3'^{n_3'}\ldots} = k = \frac{m^{\Sigma n - \Sigma n'} p_{/1}^{n_1} p_{/2}^{n_2} p_{/3}^{n_3}\ldots}{p_{/1}'^{n_1'} p_{/2}'^{n_2'} p_{/3}'^{n_3'}\ldots}$$

résulte que, la pression totale subissant une variation dont m est le facteur, la réaction qui aura lieu sera d'autant plus intense que la valeur absolue de $\Sigma n - \Sigma n'$ sera plus grande. Si $n - n' = 0$, la variation de la pression totale n'aura aucune influence sur la marche de la réaction. D'où l'on déduit la loi déjà mentionnée dans la première Note : « Un corps convient d'autant mieux à la combustion dans les moteurs que la variation du nombre des molécules pendant la combustion est plus grande. »

Il est indifférent que ce changement soit une augmentation ou une diminution du nombre de molécules (ou de volume) à la condition que la réaction se produise sous une variation convenable de la pression totale.

La pratique démontre pleinement la justesse de cette loi. Dans les moteurs, l'huile de naphte (27,5 pour 100 d'augmentation) brûle mieux que le benzène (25 pour 100 d'augmentation); la naphtaline, qui a une augmentation de volume seulement de 8 pour 100, et le benzol de 6 pour 100,

(1) Cette constante n'est pas déterminée avec une précision suffisante pour qu'il soit possible d'étudier sa variation avec la température.

(2) Séance du 11 juin 1923.

(3) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1621.

brûlent avec grande difficulté. Parmi les combustibles gazeux, le gaz d'éclairage (28 pour 100 de diminution) brûle mieux que l'acétylène (14 pour 100 de diminution); le méthane et l'éthylène, dont le nombre de molécules ne varie pas du tout, brûlent dans les moteurs avec une grande lenteur.

P. Rieppell [1], faisant des expériences d'utilisation des combustibles dans les moteurs Diesel, est arrivé aux conclusions suivantes :

Pour l'utilisation d'un combustible dans le moteur Diesel, le poids spécifique, la viscosité, le pouvoir calorifique, le point d'inflammation, la température de combustion n'ont aucune importance; ce qui importe uniquement, c'est la quantité d'hydrogène. Mais la quantité d'hydrogène, comme nous le verrons plus loin [form. (4)], détermine l'augmentation du volume.

Il est facile d'établir que la contraction ou la dilatation qui accompagne la combustion à une température constante s'exprime pour une unité de mélange de combustible avec l'oxygène nécessaire par les formules suivantes :

1. Dans les cas où le combustible est introduit dans le cylindre à l'état de gaz ou de vapeur,

$$(1)\qquad \frac{\frac{(h)}{4}+\frac{(o)}{2}-1}{1+(c)+\frac{(h)}{4}-\frac{(o)}{2}}$$

et si $(o)=0$,

$$(2)\qquad \frac{(h)-4}{4+4(c)+(h)}.$$

2. Dans le cas où le combustible est introduit à l'état liquide,

$$(3)\qquad \frac{\frac{(h)}{4}+\frac{(o)}{2}}{(c)+\frac{(h)}{4}-\frac{(o)}{2}}$$

et si $(o)=0$,

$$(4\qquad \frac{(h)}{4(c)+(h)}.$$

(c), (h) et (o) indiquent les nombres d'atomes de carbone, d'hydrogène et d'oxygène contenus dans une molécule de combustible.

Si nous rangeons tous les combustibles dans une série d'après la dilata-

---

[1] H. GÜLDNER, *Entwerfung u. Berechnung von Verbrennungs-Kraftmaschinen*, Berlin, 1914, p. 457.

tion ou la contraction qui accompagne la combustion à une température constante, nous les classerons bien dans l'ordre de leur aptitude à être utilisés dans les moteurs.

Les combustibles principaux ordonnés d'après leurs variations de volume dans la combustion à une température constante.

	Augmentation de volume.		Augmentation de volume.
Oléine $(C^{17}H^{33}COO)^3C^3H^5$.	0,346	Pentane C^5H^{12}............	0,222
Sédécane $C^{16}H^{34}$..........	0,294	Hexahydrotoluène C^7H^{14}...	0,218
Quindécane $C^{15}H^{32}$........	0,292	Butane C^4H^{10}.............	0,200
Décane $C^{10}H^{22}$............	0,273	Hexahydrobenzène C^6H^{12}...	0,200
Heptane C^7H^{12}............	0,250	Propane C^3H^8............	0,166
Alcool C^2H^6O............	0,250	Tétrahydronaphtal. $C^{10}H^{12}$.	0,143
Hexane C^6H^{14}.............	0,238	Ethane C^2H^6.............	0,111
Hexahydroxylol C^8H^{16}.....	0,231	Naphtaline $C^{10}H^8$.........	0,077
Décahydronaphtaline $C^{10}H^{18}$.	0,226	Benzol C^6H^6..............	0,059

	Diminution de volume.		Diminution de volume.
Hydrogène H^2............	0,333	Gaz de gazogène à lignite....	0,152
Oxyde de carbone CO	0,333	Gaz de hauts fourneaux....	0,145
Gaz du four à coke........	0,282	Acétylène C^2H^2...........	0,143
Gaz d'éclairage...........	0,277	Méthane CH^4.............	0,000
Gaz de gazogène à anthracite.	0,204	Ethylène C^2H^4............	0,000
Gaz de gazogène à coke.....	0,173		

Pour les combustibles liquides, on a considéré l'augmentation de volume après vaporisation, et, pour les gaz, la diminution de volume pour 1^{m^3} du gaz aspiré.

Dans la technique, les combustibles sont appréciés d'après leur pouvoir calorifique et à ce pouvoir calorifique sont rapportés tous les coefficients d'utilisation. Ces pouvoirs calorifiques sont déterminés généralement par le calorimètre de Berthollet, c'est-à-dire à volume constant.

Dans les moteurs la combustion se passe à volume variable. L'augmentation du nombre des molécules est alors un gain de travail, la diminution du nombre des molécules une perte. La variation du nombre des molécules dans la combustion a donc une influence sur le coefficient d'utilisation d'un combustible. On peut conclure que déjà, pour cette raison, une huile de naphte peut donner un coefficient d'utilisation (indicateur) supérieur de 4,42 à celui du gaz des hauts fourneaux.

D'après ces considérations, nous sommes donc en état de déterminer

d'avance le degré de convenance de n'importe quel combustible pour les moteurs; nous pouvons déterminer de quelle manière il doit y être brûlé et, par comparaison avec d'autres combustibles, évaluer son rendement. Ces déterminations préalables sont les buts principaux d'une théorie de moteurs à combustion interne.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur la formation d'acide nitrique dans la fabrication de l'acide carbonique liquide.* Note de MM. **L. Hackspill** et **A. Couder**, présentée par M. H. Le Chatelier.

L'acide carbonique destiné à être liquéfié est préparé le plus souvent, dans l'industrie, par combustion du coke dans un foyer de chaudière ordinaire. Les fumées sont traitées par une lessive froide de carbonate de potassium qui fixe les deux tiers environ de CO^2. La solution de bicarbonate chauffée aux environs de son point d'ébullition restitue par dissociation le gaz carbonique pur. Un compresseur l'amène à 50^{atm} dans un serpentin baigné d'eau froide où il se liquéfie.

Dans une usine de Strasbourg qui met en œuvre ce procédé, on a constaté que la partie inférieure du condenseur où se rassemble le peu d'eau échappée aux appareils desséchants, était soumise à une corrosion rapide. L'analyse a indiqué la formation de nitrate de fer. D'autre part on a pu constater, dans le liquide d'absorption en service depuis plusieurs mois, la présence d'une quantité notable de nitrite de potassium : $1^g,25$ par litre alors que la solution fraîchement préparée n'en contient que $0^g,005$.

Ces faits peuvent être expliqués de la manière suivante : l'azote libre de l'air ou combiné du coke, oxydé dans le foyer, est fixé dans l'absorbeur sous forme de nitrite et de nitrate. L'acide carbonique ne peut libérer que des traces non dosables d'acide nitreux acide fort, suivant la réaction d'équilibre :

$$NO^2K + CO^3H^2 \rightleftharpoons CO^3KH + NO^2H,$$

mais l'acide nitreux, très instable, se décompose au fur et à mesure de sa mise en liberté en donnant au total naissance à la réaction irréversible :

$$3\,NO^2K + 2\,CO^2 + H^2O = 2\,CO^3KH + NO^3K + 2\,NO.$$

Les expériences de laboratoire ont pleinement confirmé cette manière de voir.

En premier lieu nous avons fait brûler du coke de l'usine dans un tube

de quartz porté à 900° et parcouru par un courant d'air. Les produits de la combustion brunissent légèrement une solution de sulfate ferreux. Traités par la potasse ils donnent naissance à une quantité de nitrite variant entre $0^{mg},55$ et $4^{mg},1$ par gramme de coke brûlé. Nous avons vérifié, en opérant dans les mêmes conditions, mais sans combustible ou avec du carbone pur (charbon de sucre), que l'azote oxydé provenait uniquement du coke. Le procédé de dosage qui nous a paru le plus sensible est celui de Griess : formation d'un diazoïque fortement coloré, et mesure colorimétrique à l'aide d'un appareil de la maison Jobin. On peut ainsi déceler 10^{-7} gramme dans 1^{cm^3}. Dans les cas les plus défavorables nous n'avons pas constaté d'erreur relative supérieure à 5 pour 100.

La formation de composés oxygénés de l'azote étant expliquée, nous avons étudié l'action de l'acide carbonique sur une solution de nitrite de potassium. Dans une première série d'expériences, le gaz carbonique mêlé de 1/4 de son volume d'oxygène passait dans une solution bouillante (107°) de nitrite à 25 pour 100. La pression partielle du gaz dans l'atmosphère était de l'ordre de 2^{cm} de mercure. Toutes les précautions étaient prises pour éviter l'entraînement de gouttelettes de solution. Le sulfate ferreux ayant montré nettement la présence d'oxyde azotique dans le gaz sortant, nous avons cherché à le doser après absorption dans une solution de potasse caustique. Chaque expérience a duré 4 heures, 10 litres environ de gaz carbonique traversaient l'appareil. Nous avons pu doser de $1^{mg},2$ à 3^{mg} de NO^2K. Dans les mêmes conditions un même volume de l'air du laboratoire n'a donné que $0^{mg},47$ et même $0^{mg},3$ lorsqu'il était complètement privé de CO^2.

D'autres expériences ont été instituées dans le but d'opérer avec des concentrations plus fortes en acide carbonique. Des tubes scellés contenant 2^g d'une solution de nitrite de potassium à 25 pour 100, et 1^g environ d'anhydride carbonique partiellement liquéfié, ont été abandonnés à une température de 16° à 20°. Après 35 jours quelques-uns d'entre eux ont été ouverts dans le vide, les autres seront examinés dans quelques mois. Les gaz extraits par une pompe à mercure, filtrés et traités par une solution de potasse en présence d'oxygène, ont donné $2^{mg},3$ à $3^{mg},2$ de nitrite, quantité relativement importante. Enfin d'autres essais réalisés à chaud ont fourni des résultats moins concluants en raison de l'attaque du verre.

En résumé, dans des conditions qui excluent tout entraînement mécanique, les vapeurs nitreuses provenant exclusivement de l'azote combiné du coke, fixées sous forme de nitrite dans une lessive alcaline, peuvent en être

libérées partiellement par le gaz carbonique. Leur oxydation ultérieure en présence d'humidité suffit à expliquer les corrosions constatées dans les appareils industriels.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Diiodométhylates dans la série de l'ésérine.* Note [1] de MM. **Max** et **Michel Polonovski**, présentée par M. Charles Moureu.

Jusqu'à présent, on ne connaissait dans la série de l'ésérine que des monoiodométhylates, formés par fixation de CH^3I sur l'azote basique. Ayant constaté [2] que l'éthésérolène, bien que privé de cet azote basique, parti sous forme de triméthylamine, était encore susceptible de se combiner avec l'iodure de méthyle par son azote pyrrolique, nous nous sommes demandé si l'on ne pouvait arriver, en variant les conditions d'expériences, à obtenir dans toute la série non dégradée, de véritables diiodométhylates par fixation de deux CH^3I sur les deux azotes de la molécule. Voici les résultats des recherches entreprises dans ce but.

Avec l'ésérine, nous n'avons pu obtenir de diiodométhylate même en employant un grand excès de CH^3I. Mais l'éséroline, l'éséréthol et surtout l'ésérétholméthine, chauffés plusieurs heures en tube scellé, avec un excès de CH^3I, en solution méthylique, fournissent, après évaporation, un résidu sec dont le poids correspond à une addition de beaucoup plus d'une molécule de CH^3I; cependant la fixation d'une deuxième molécule n'est pas complète, le dosage d'iode des produits obtenus indiquant un mélange de mono et de diiodométhylates.

Par contre, les dérivés dihydrés de la série ésérinique, notamment des bases méthines, traités avec 2^{mol} de CH^3I, fournissent presque intégralement des diiodométhylates stables. Quoique nous n'ayons pas réussi à isoler ces corps à l'état cristallisé, nous avons pu cependant les avoir suffisamment purs pour procéder à un dosage d'iode et confirmer ainsi la nature de ces composés.

Le diiodométhylate de la dihydroésérineméthine a pour formule

$$C^{16}H^{25}N^3O^2(2CH^3I)H^2O$$

et le diiodométhylate de la dihydroéséréthol méthine :

$$C^{16}H^{26}N^2O(2CH^3I)H^2O.$$

---

(1) Séance du 11 juin 1923.
(2) Voir *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1480.

Tous ces composés diiodométhylés ne sont plus attaqués par les alcalis dilués; la soude concentrée les précipite de leurs solutions sans changement et ne les décompose pas même à chaud.

L'hydrogénation a donc *augmenté la basicité du noyau pyrrolique*, et accru sa tendance à fixer une molécule d'iodure de méthyle. Mais si l'on change les conditions d'expérience et qu'au lieu d'opérer en milieu alcoolique seul on travaille en présence d'éthylate de sodium et d'un excès de CH^3I, on arrive, dans la série de l'ésérine aussi bien que dans la série hydrée, à des composés très bien cristallisés. Leur étude nous a démontré que non seulement il y avait eu, dans tous ces cas, fixation de 2^{mol} de CH^3I, mais que celle-ci était précédée d'une méthylation exhaustive de l'alcaloïde mis en œuvre, avec, pour les dérivés à cycle basique fermé, ouverture du noyau. Dans la série ésérinique proprement dite, on constate en même temps, probablement par suite de la *méthylation du noyau pyrrolique non saturé*, une disparition de la double liaison. Les diiodométhylates obtenus ne se laissent plus, en effet, réduire par Zn et HCl.

Le diiodométhylate obtenu en partant de l'éséroline fond à 235° et est optiquement inactif. Son analyse conduit à la formule brute de

$$C^{19}H^{36}N^2O^2I^2 \quad \text{ou} \quad C^{19}H^{34}N^2O^2I^2.$$

La formule de l'éséroline étant $C^{13}H^{18}N^2O$, il a dû y avoir addition de $C^6H^{18}OI^2$ ou de $C^6H^{16}OI^2$, c'est-à-dire à part les 2^{mol} de CH^3I d'encore quatre groupes CH^3 et de H^2O. Ceci s'explique facilement si l'on considère qu'en présence de C^2H^5ONa, un CH^3 a servi à éthérifier la fonction phénolique de l'éséroline; qu'un second CH^3 a dû se fixer à l'azote basique pour donner la base méthine et qu'enfin les deux derniers CH^3 pouvaient entrer au niveau de la double liaison du second noyau que nous supposons pyrrolique : méthylation exhaustive caractéristique de l'indol et des dérivés du pyrrol.

On arrive au même composé si, au lieu de l'éséroline, on part de l'ésérine (à cause de la saponification que subit cette dernière par C^2H^5ONa) ou encore de l'éther méthylique de l'éséroline, ce qui prouve que l'OH *est bien méthylé dans le produit final*. Le monoiodométhylate d'éséroline, traité dans les mêmes conditions, conduit avec un très bon rendement au même diiodométhylate (P. f. 235°) [1].

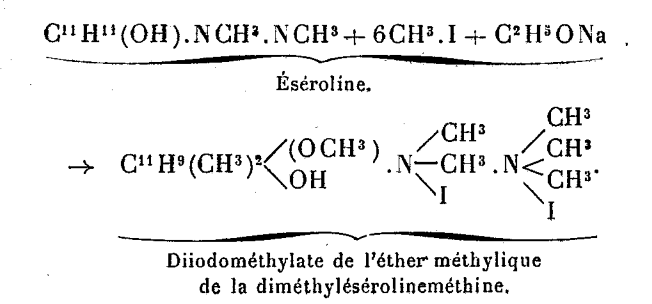
(1) En 1921, Stedmann a décrit dans *Journ. Chem. Soc.*, t. 119, p. 892, un dérivé, obtenu par l'action de CH^3I en excès sur l'iodométhylate d'éséroline en présence de C^2H^5ONa, auquel il assigna la formule brute $C^{10}H^{17}ON^2I$, et qu'il considéra comme

Par contre, l'éséréthol (éther éthylique de l'éséroline), traité également par CH^3I en excès et C^2H^5ONa, fournit un diiodométhylate homologue, fondant à 207° et possédant un CH^2 en plus, comme l'indique le dosage d'iode effectué sur le corps séché à 110° ($I = 42,23$ pour 100). L'éséréthol-méthine conduit au même dérivé, ce qui prouve bien qu'au cours de la méthylation exhaustive, *il y a formation intermédiaire de la base méthine qui s'iodométhyle secondairement.*

L'hypothèse que deux autres méthyles se fixaient au niveau de la double liaison se trouve étayée par l'étude des composés que donnent, toujours dans les mêmes conditions, les dérivés hydrés de l'ésérine. La dihydroésérine, la dihydroéséroline et la dihydroésérineméthine conduisent en effet, par méthylation ultime en présence d'éthylate de soude, à un seul et même produit, diiodométhylé, peu soluble dans l'alcool absolu, fondant à 205°, mais pour lequel l'analyse conduit à la formule $C^{17}H^{32}N^2O^2I^2$, *contenant donc deux groupes méthyles en moins que le dérivé non hydré.*

L'existence d'une double liaison semble donc nécessaire pour que se fixent les deux derniers CH^3.

Les réactions que nous venons de mettre en évidence peuvent être représentées pour l'éséroline par le schéma suivant :



le monoiodométhylate d'un produit de dégradation très avancé de l'éséroline. Le point de fusion de 235°, ainsi que les autres propriétés indiquées pour ce produit, nous autorisent à croire que cet auteur a eu entre les mains le diiodométhylate que nous venons de décrire et auquel, à la suite d'un dosage d'azote erroné, il fut amené à attribuer un poids moléculaire moitié moindre.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur la formation des sols dans la région de Saulieu (Morvan).* Note (¹) de Mlle **Brepson**, présentée par M. Louis Gentil.

Dans une Note précédente, j'ai rappelé la situation de Saulieu dans la partie nord-est du Morvan cristallin, non loin de la bordure secondaire du Massif ancien (²). Une étude des sols de cette région m'a montré une relation très nette entre la composition des sols et des roches sous-jacentes.

Parfois, ce sont les éléments mêmes de la roche mère que l'on retrouve dans le sol où ils sont seulement un peu plus altérés. Ailleurs, il y a de légères variantes, mais faciles à interpréter.

Sol sur le granite de la région de Saulieu (Grand'route de Saulieu à Arnay-le-Duc; kilomètre 25,6; cote 496).

La carrière ouverte sur une hauteur de 3^m montre de nombreuses grosses enclaves de microgranite très micacé. Je ne donnerai pas les analyses micrographiques de ces roches qui ont été très bien faites précédemment (³).

Le sol qui recouvre ce granite est peu épais (25^{cm} à 30^{cm}) et homogène. Il renferme de l'argile d'altération englobant quelques fragments de roche mère qui ailleurs est dissociée, abandonnant des cristaux de quartz, de la biotite chloritisée, de la muscovite et de rares cristaux de feldspath non altérés.

Cette analyse micrographique est confirmée par une analyse physique. On trouve, en effet, pour 1000^g de terre fine : $938^g,1$ de sable non calcaire et $61^g,9$ d'argile-humus.

Ce sol est donc nettement un sol formé sur place aux dépens du granite sans contribution d'aucun élément étranger.

Sol sur le porphyre globulaire en filons à travers le granite (Le Maupas, cote 400).

La carrière entamée sur un front de 15^m montre un porphyre globulaire très franc, fortement diaclasé, recouvert par un sol de 95^{cm} d'épaisseur et où l'on distingue les trois horizons A (45^{cm}), B (30^{cm}) et C ou sous-sol (20^{cm}).

Les éléments du porphyre se retrouvent dans ces trois horizons, mais de plus en plus fragmentés et décomposés à mesure qu'on s'éloigne de la roche mère.

(¹) Séance du 11 juin 1923.

(²) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 704.

(³) Alb. Michel-Lévy, *Les terrains primaires du Morvan et de la Loire.*

Dans l'horizon C, on remarque, avec des fragments de porphyre, quelques cristaux de feldspath, de très petits débris de biotite et de muscovite, de gros cristaux de quartz globulaire non roulés, des granules de limonite englobés dans de l'argile de décomposition très abondante. On trouve, en outre, un peu de calcite secondaire.

Les horizons A et B sont caractérisés par une augmentation d'hydroxyde de fer et un enrichissement en calcite.

Les analyses physiques donnent les mêmes conclusions :

Horizon C : pour 1000^g de terre fine, on trouve $758^g,1$ de sable non calcaire, $10^g,9$ de calcaire et 230^g d'argile-humus.

Horizon B et A : 733^g de sable non calcaire, $38^g,1$ de calcaire et $228^g,9$ d'argile-humus pour 1000.

C'est donc un sol formé sur place comme en témoignent les morceaux de porphyre et les quartz non roulés qu'on trouve dans le sol. Le seul élément étranger à la roche mère, la calcite, qui est en proportion très faible est de la calcite secondaire déposée par les eaux.

Sol sur le calcaire à entroques des « marges morvandelles » (Carrière de la Croix du Maupas, au sommet de la butte témoin, cote 550).

L'examen au microscope polarisant de cette roche montre qu'elle est essentiellement constituée de débris organiques tapissés de calcite et qu'elle renferme en outre quelques quartz.

Le sol qui surmonte ce calcaire a une épaisseur de 25^{cm} à 40^{cm}. Il renferme une forte teneur en argile, des débris peu ou pas roulés de calcaire à entroques, de nombreux granules de limonite, de petits mais nombreux éclats de quartz, à angles très aigus.

L'analyse physique donne les résultats suivants : $692^g,6$ de sable non calcaire, $218^g,1$ de calcaire total, $89^g,3$ d'argile-humus pour 1000.

Ici encore, on retrouve dans le sol les éléments de la roche mère et des fragments de calcaire, ce qui prouve la part qui revient à la roche dans la genèse du sol. Les quartz sont évidemment plus nombreux dans le sol par suite de la décalcification du calcaire.

Seule la forte teneur en argile montre qu'un autre facteur est intervenu dans la formation du sol. Or, sur d'autres buttes témoins voisines, existe encore au-dessus du calcaire J_{IV} du Bajocien, le Bathonien inférieur J_{III} représenté dans le Morvan par des calcaires marneux séparés par des marnes schisteuses très argileuses à la base [1]. Ici, le Bathonien a été enlevé par l'érosion, laissant en place une partie de l'argile. Ce phénomène est fréquent sur la bordure secondaire du Morvan où la puissance d'érosion a été considérable.

---

(1) Notice de la Carte géologique, feuille de *Château-Chinon* (124).

Ces différents sols sont donc caractérisés par *leur formation sur place*. Le dernier mis à part, les autres constituent les sols types de tout le Morvan cristallin. Ce sont des sols arénacés donc perméables. Il en résulte l'absence de tout ruissellement superficiel, ce qui explique l'abondance d'argile révélée par les analyses physiques. La richesse en argile varie avec la proportion de feldspath de la roche mère, mais tous les sols que j'ai étudiés en renferment de 6 à 25 pour 100.

La présence d'argile permet les glissements par solifluxion que nous avons trouvés nombreux dans tout le Morvan ([1]). Les sols de solifluxion sont les seuls qui existent non en place dans cette région. Leur étude comparative avec ceux dont l'origine est certaine peut permettre de préciser le trajet des nappes de solifluxion.

J'ai étudié celui qui forme le barrage de l'étang de Thoisy-la-Berchère dont j'ai parlé dans ma Note précédente ([2]). Il est absolument analogue aux sols formés sur le granite que j'ai examinés. Les analyses micrographique et physique donnent rigoureusement les mêmes résultats que pour ces derniers. Ceci confirme l'hypothèse que j'avais faite précédemment; la coulée qui vient barrer l'étang descend de la région granitique qui domine Thoisy-la-Berchère.

En résumé, dans la partie du Morvan que j'ai étudiée, le processus de la formation des sols est très simple. Ils proviennent de la décomposition de la roche sous-jacente sous l'influence des agents atmosphériques; les apports éoliens et de ruissellement jouent un rôle insignifiant. Seul, le transport par solifluxion vient, dans certaines régions, déplacer les sols de leur lieu d'origine.

MINÉRALOGIE. — *Observations relatives à la genèse de certains gisements manganésifères*. Note de M. J. **Barthoux**.

Mes observations antérieures ([3]) effectuées au Sinaï sur des gisements d'oxydes de manganèse se trouvent confirmées par l'examen de gisements marocains, et m'ont conduit à des remarques inattendues relatives à la genèse de ceux-ci.

Sinaï. — Les gisements les plus importants sont situés dans la région

([1]) M. Boit, *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 1422.

([2]) *Loc. cit.*

([3]) J. Barthoux, *Chronologie et description des roches ignées du Désert Arabique*, p. 52.

d'Oum-Bogma. Ce sont des couches bien délimitées d'une épaisseur maximum de 4^m, d'une largeur qu'il ne m'a pas été possible de vérifier, mais pouvant dépasser 500^m dans le sens de leur plus grande dimension. Elles sont au nombre de trois superposées, encadrées de marnes ou de grès marins littoraux à *ripples-marks* contenant des empreintes de méduses, et situées immédiatement au-dessous de deux bancs de calcaire rose moscovien contenant : *Orthis Michelini*, *Streptorhynchus crenistrata*, *Productus pustulosus*, *Spirifers*, *Syringopora ramulosa*, etc.

Cet ensemble est situé au milieu de grès rouges imprégnés de chlorure de sodium, d'âge westphalien, donnant des empreintes de *Lepidodendron mosaicum*. Le *grès de Nubie* fait suite. Il y a donc une grande analogie de gisement, à l'âge près, avec les mines de manganèse du Caucase qui s'étendent au milieu de grès éocènes; et, comme à Crimosa (E.-U.), un remaniement et même un démantèlement partiel de la formation manganésifère a eu lieu, ainsi que le prouvent quelques blocs du minerai épars dans les calcaires inférieurs du Moscovien. Ces blocs ont 1^{m^3} à 3^{m^3} de volume.

En cet endroit, les grès envahissent progressivement une aire continentale dans laquelle affleurent des pointements schisto-cristallins avec granite et diorite manganésifères, que l'on observe notamment dans l'Ouadi Abou-Sôr.

Le minerai est un mélange variable d'oxydes de manganèse et de fer, allant de la hausmannite à la pyrolusite et même à de la limonite ou de l'hématite manganésifères. Il est à remarquer que le manganèse a une tendance à se séparer de la masse minéralisée, sous forme de pyrolusite, ainsi que le montrent les parties cristallines ou les filons de ce minéral dont la concentration par places détermine, par contre-coup, l'accroissement des teneurs en fer du minerai voisin.

Le gisement du Sinaï est en relation étroite avec une transgression marine recouvrant le massif cristallin, et les oscillations de faible amplitude déterminant sa formation impliquent le voisinage d'un rivage et l'existence d'une mer peu profonde. Cela confirme les opinions de Wyville Thomson[1] relatives au dépôt de marnes manganésifères marines non loin de laves augitiques, et de concrétions également manganésifères autour de radiolaires ou de spicules d'éponges, donc d'origine également marine (cf. Gisements de Bosnie et de l'Oural).

Djebel Mahser. — Le dépôt manganésifère du Dj. Mahser (sud d'Oudjda,

---

[1] De Launay, *Traité de Métallogénie*, t. 2, p. 567.

Maroc) est situé à la base du Bajocien, au milieu de marnes rouges reposant directement sur un massif dioritique. Il débute par une couche d'hématite épaisse de $0^m,80$; puis, sur 6^m de hauteur, on remarque des alternances étendues, mais peu épaisses (6^{cm} à 10^{cm} au maximum), d'hématite et de pyrolusite.

Comme au Sinaï, le gisement est donc lié à une transgression marine sur un massif cristallin; mais ici, *les oxydes de manganèse et de fer se sont séparés* par des causes et un mécanisme inexplicables, et *dans la couche manganésifère, une différenciation des oxydes a donné des couches séparées de pyrolusite et d'hématite.*

Bou-Arfa (entre Oudjda et Figuig, Maroc). — La pyrolusite de ce gisement est à peu près pure, et se présente en amas sphéroïdaux de 6^m à 10^m de diamètre répartis à la base de calcaires rouges, ferrugineux, inclus eux-mêmes au milieu de puissantes formations détritiques, d'âge jurassique inférieur, constituées par des poudingues, des arkoses ou des grès, dont ils sont séparés à leur base, comme au sommet, par des marnes ferrugineuses et finement gypseuses. Les formations détritiques sont continentales ou littorales ; leurs éléments, à peine arrondis, me paraissent résulter d'arènes granitiques et granulitiques, et d'éboulis de pentes, car, au milieu de sables grossiers où les éléments granitiques et granulitiques ne sont pas encore dissociés, on remarque d'énormes blocs anguleux des mêmes roches, accompagnés de fragments de pegmatites, d'aplites, de quartz parfois tourmalinifère, de schiste et de micaschiste.

Comme précédemment, les calcaires marquent une transgression marine, et les éléments détritiques impliquent la présence voisine d'un substratum schistocristallin. Les schistes sériciteux apparaissent en effet en place au fond des vallées.

Dans ce gisement, le minerai est à peu près pur; le fer y est concentré en rares rognons d'hématite fibreuse à surface testacée. A leur périphérie, ces amas se confondent insensiblement avec leurs épontes, suivant une zone d'imprégnation irrégulière. Près des endroits exploités, un de ces blocs apparaît enchâssé dans le calcaire, mais indépendant, c'est-à-dire dépourvu de cette zone latérale d'imprégnation unissant salbandes et épontes. C'est incontestablement un bloc détritique rappelant ceux du Sinaï répartis dans le calcaire moscovien, et sa présence explique la genèse du gisement dû aux blocs détritiques provenant du démantèlement de couches originelles puissantes. Toutefois, celles-ci étant constituées de pyrolusite pure, le gisement originel disloqué par la transgression aurait été du type Mahser, c'est-à-

dire déjà différencié. On est donc en présence d'un gisement *remanié*, celui de Mahser étant *différencié*, celui du Sinaï *originel*. Il y a lieu de croire que les vestiges du gisement *originel* de Bou-Arfa pourront se rencontrer au large de cette localité.

En résumé, voici les conclusions qu'imposent ces remarques :

1° Ces gisements sont sédimentaires;

2° Ils se forment au début d'une transgression ;

3° Ce sont des formations marines peu profondes;

4° Ils résultent de l'altération, par immersion, de roches éruptives;

5° Il s'y produit une différenciation des oxydes de fer et de manganèse;

6° Ils peuvent, comme corollaire de ce qui précède, se constituer à toutes les époques géologiques.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *L'agitation magnétique au Parc Saint-Maur et au Val-Joyeux et ses relations avec l'activité solaire*. Note de M. **C.-E. Brazier**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Dans cette étude, le degré d'agitation de l'aiguille aimantée, correspondant à chaque journée, a été caractérisé par l'un des termes d'une échelle à 7 degrés traduisant en chiffres les notations en usage depuis 1883 au Parc Saint-Maur et au Val-Joyeux. Le Tableau I donne la correspondance entre les divers degrés de cette échelle (II), les notations employées au Parc Saint-Maur et au Val-Joyeux (I) et l'échelle internationale adoptée depuis 1906 (III).

Tableau I.

I	calme	presque calme	peu agitée	agitée	très agitée	perturbation	forte perturbation	très forte perturbation
II.......	0	1	2	3	4	5		6
III......	0			1			2	

Je me suis proposé, tout d'abord, de déterminer la marche annuelle moyenne de l'agitation magnétique sur une période embrassant un nombre entier de cycles de l'activité solaire et d'examiner si cette marche présentait les mêmes caractères dans chacun des cycles qui la composent. Le Tableau II donne les résultats du calcul, corrigés de la variation non périodique. La colonne intitulée activité solaire contient les moyennes des nombres de Wolfer correspondant à la période étudiée.

TABLEAU II.

	J.	F.	M.	A.	M.	J.	Jt.	A.	S.	O.	N.	D.	Année.	Activité solaire.
1884-1893..	1,70	2,28	2,30	2,08	2,03	1,94	1,94	1,93	2,28	2,31	2,19	1,96	2,08	36,8
1894-1905..	1,83	2,04	1,96	1,83	1,72	1,60	1,56	1,64	1,76	1,77	1,80	1,59	1,76	33,0
1906-1917..	1,63	1,90	1,92	1,57	1,68	1,41	1,40	1,71	1,73	1,83	1,62	1,49	1,66	37,8
1884-1917..	1,77	2,13	2,11	1,87	1,85	1,68	1,67	1,80	1,96	2,02	1,90	1,72	1,87	35,8

Tandis que les variations que subit l'activité solaire ne paraissent présenter aucune relation avec la position de la Terre sur son orbite, la variation annuelle de l'agitation magnétique montre au contraire une allure périodique bien marquée dont les caractères généraux se reproduisent dans chaque cycle. L'agitation passe au cours de l'année par deux maxima et deux minima : les premiers ont lieu au voisinage des équinoxes, les seconds aux environs des solstices. Le minimum d'été se produit vers le début de juillet, celui d'hiver, situé en janvier dans le premier cycle, se retrouve en décembre dans les deux suivants. Les maxima sont nettement décalés par rapport aux équinoxes : au printemps le maximum précède l'équinoxe de 15 jours environ; en octobre il montre, par rapport à l'équinoxe, un retard de même ordre; l'agitation moyenne correspondant à la saison froide (septembre-mars) est plus élevée que celle qui correspond à la saison chaude (mars-septembre). L'amplitude de printemps (différence entre le maximum de printemps et le minimum d'hiver) est plus accentuée que celle d'automne (différence entre le minimum d'automne et le minimum d'été) et d'une manière générale le premier maximum paraît plus élevé que le second.

La comparaison de l'activité solaire et de l'agitation magnétique fait voir que, tandis que la première a sensiblement la même valeur moyenne dans chacun des trois cycles, la seconde va en décroissant du premier au troisième. Pour étudier de plus près les relations existant entre ces deux ordres de phénomènes, j'ai divisé les 36 années de la période 1883-1918 en quatre groupes comprenant : I. 10 années situées dans le voisinage immédiat d'un maximum de taches; II. 12 années comprises entre un maximum et un minimum (activité solaire décroissante); III. 9 années entourant un minimum de taches; IV. 5 années comprises entre un minimum et un maximum (activité solaire croissante).

Les résultats obtenus, corrigés de la variation périodique, sont groupés dans le Tableau III.

TABLEAU III.

	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J^t.	A.	S.	O.	N.	D.	Année.	Amplitude de la variation annuelle.	Activité solaire.
I...	1,80	2,47	2,21	1,74	1,62	1,73	1,89	1,87	2,01	2,05	1,96	1,82	1,93	0,85	72,7
II..	2,00	2,29	2,28	2,11	2,10	1,67	1,60	1,85	2,06	2,03	1,83	1,80	1,97	0,69	31,5
III..	1,31	1,51	1,54	1,48	1,44	1,43	1,38	1,49	1,53	1,66	1,55	1,33	1,47	0,35	-5,8
IV..	1,68	1,81	2,11	1,97	2,08	1,67	1,60	1,83	2,08	2,19	2,26	1,71	1,92	0,66	41,0

On retrouve dans chaque groupe une variation annuelle présentant les caractères fondamentaux signalés ci-dessus. Cependant, si l'agitation moyenne de la saison froide reste toujours supérieure à celle de la saison chaude, les époques des maxima et des minima absolus paraissent se déplacer quand on passe des années entourant un maximum de taches à celles qui avoisinent un minimum. Dans le premier cas, l'agitation atteint sa valeur la plus forte en février, sa valeur la plus faible en mai; dans le second le maximum principal a lieu en octobre, le minimum le plus accentué en janvier; mais, vu le petit nombre des cycles sur lesquels a porté notre statistique, il serait téméraire d'affirmer dès maintenant que c'est là une règle générale dans nos régions.

L'amplitude de la variation annuelle (différence entre le maximum absolu et le minimum absolu) suit assez bien les changements de l'activité solaire; il n'en est pas de même de la valeur moyenne de l'agitation. Celle-ci passe bien par un minimum au voisinage d'un minimum de taches, et ce fait se reproduit assez nettement dans le premier cycle et très nettement dans les deux autres : mais il n'est pas possible d'affirmer que les maxima de l'agitation et de l'activité coïncident. En effet, en considérant les moyennes annuelles correspondantes de l'agitation et de l'activité, on s'aperçoit que, pas une seule fois, il n'y a coïncidence entre les maxima et les minima de l'agitation d'une part et les maxima et les minima de taches d'autre part. Bien plus, les valeurs maxima des moyennes annuelles de l'agitation se produisent de part et d'autre du maximum de taches dans l'une des trois années qui le précèdent et qui le suivent. Ces faits expliquent la faible valeur du coefficient de corrélation (0,33) que j'ai trouvé entre les moyennes annuelles de l'agitation et des nombres de Wolfer et conduisent à penser que l'agitation magnétique n'est pas uniquement fonction de l'étendue de la surface tachée mais encore, et peut-être surtout, de la vitesse de variation des taches en nombre et en étendue. D'autre part, les caractéristiques de la variation annuelle

des troubles de l'aiguille aimantée semblent bien indiquer que l'influence de l'activité solaire sur le magnétisme terrestre est modifiée par des causes d'origine terrestre dont l'action dépend de la position qu'occupe la Terre sur son orbite.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Recherches expérimentales sur le rougissement des cerises.* Note de M. **Fernand Obaton**, présentée par M. M. Molliard.

On a à maintes reprises étudié l'action de certains facteurs sur le rougissement provoqué dans les organes végétaux par la formation des composés anthocyaniques; tantôt on a fait intervenir l'action de la lumière, tantôt on a observé que le rougissement pouvait se produire à l'obscurité pourvu qu'une face de l'organe soit exposée à la lumière; d'autres enfin ont fait intervenir un abaissement de la température. Ces résultats contradictoires tiennent à la façon dont les expériences ont été faites; il est impossible dans celles-ci de savoir à quel facteur revient une action déterminée. En effet dans la nature par une journée normale, quand la lumière solaire augmente la température augmente et l'état hygrométrique diminue. Ainsi donc quand on dit que le rougissement est d'autant plus intense que la lumière est plus vive on ne fait pas le départ indispensable entre la lumière et la température.

Je me suis efforcé dans mes recherches sur le rougissement des cerises de séparer le plus complètement possible ces deux facteurs. Pour cela j'ai utilisé une étuve à paroi double dans laquelle on met de la glace. Un isolement suffisant de l'air ambiant est réalisé par une couche épaisse de sciure de bois. La paroi supérieure de la glacière est percée d'un orifice et la paroi antérieure est en verre. A l'intérieur de l'étuve, près de la porte vitrée, la lumière est à peu près égale à celle qui arrive sur les branches voisines. La température oscille entre 4° et 7°. D'autre part, une caisse obscure est maintenue à la température de l'air ambiant par une circulation continuelle d'air. Un thermomètre dont le réservoir plonge dans la caisse indique à chaque instant une température identique à celle que marque un thermomètre enregistreur placé à l'ombre. Dans la glacière pend une branche de cerisier qui n'est pas séparée de l'arbre. Un groupe de cerises est entouré de papier noir, un autre est laissé près de la vitre à une lumière normale. Dans la caisse se trouve un bouquet de cerises à une température normale mais à l'obscurité. Une branche portant de nombreux fruits est choisie

comme témoin. Au début de l'expérience ces quatre groupes de fruits sont comparables comme coloration : les uns sont jaunes, les autres commencent à rougir sur une de leurs faces.

Au bout de dix jours on constate que les cerises témoins ont atteint leur rougissement maximum, que les cerises enfermées dans la boîte noire ont rougi moins cependant que les témoins, que celles qui sont contenues dans la glacière et qui se trouvent à la lumière ont à peine rougi, et que celles qui sont au froid et à l'obscurité sont aussi rouges que celles qui se sont développées dans la glacière et à la lumière.

L'ensemble de ces faits nous permet de dire que la lumière n'a aucune action directe sur le rougissement de ces fruits. Il convient d'expliquer pourquoi les cerises provenant de la caisse noire sont un peu moins rouges que celles qui se sont développées dans les conditions naturelles. C'est que par la circulation d'air qui y est établie, les fruits sont maintenus à la température de l'air extérieur alors que les témoins sont portés à une température beaucoup plus élevée quand ils sont frappés par les rayons du soleil.

Mais si c'est uniquement une élévation de température qui fait rougir les cerises, on peut se demander par quel mécanisme la chaleur agit. On sait qu'il y a une fonction qui est directement influencée par la température : c'est la respiration. En faisant des mesures de respiration des fruits dans l'étuve à glace et dans l'air extérieur, on constate que l'intensité de la respiration est à peu près trois fois plus faible dans la glacière. D'autre part, si l'on ramène à la température ordinaire des fruits qui se sont développés dans la glacière et si l'on établit leur quotient respiratoire, on constate qu'il est toujours inférieur à celui des cerises témoins mises à respirer dans le même volume d'air. Par exemple le quotient respiratoire des cerises de l'étuve à glace est 0,50 (durée de l'expérience 1 heure 40 minutes), et celui des cerises rouges prises dans les conditions naturelles est 0,92 (durée de l'expérience 1 heure 20 minutes). Il y a donc chez les cerises jaunes de la glacière une fixation d'oxygène qui n'existe pour ainsi dire pas chez les cerises rouges. Nous pouvons rapprocher ces résultats du fait qui est admis par la plupart des auteurs : au total un organe qui rougit fixe de l'oxygène.

En résumé, mes recherches prouvent que le rougissement des cerises dépend de la température et que la lumière n'a aucune action directe sur ce phénomène; d'autre part, l'étude du quotient respiratoire montre que les fruits qui rougissent sont le siège d'une fixation d'oxygène.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la composition chimique du* Monotropa Hypopitys *L.* Note de M. **A. Goris**, présentée par M. Guignard.

M, Bridel [1] vient de signaler la découverte d'un glucoside particulier au *Monotropa Hypopitys* L., auquel il a donné le nom de monotropéine.

M'occupant depuis plusieurs années de la composition chimique du *Monotropa*, je puis confirmer la récente découverte de M. Bridel et apporter quelques faits nouveaux à l'étude chimique de cette plante.

Lorsqu'on traite le *Monotropa* par l'alcool bouillant et que l'on distille les liquides alcooliques d'épuisement pour retirer l'alcool, il reste un liquide aqueux riche en composés phénoliques.

Cette solution, épuisée longuement à froid par l'éther ou l'éther acétique, donne, après évaporation du solvant, un mélange de cristaux. La solution aqueuse de ces cristaux se colore en bleu par le Fe^2Cl^6 avec, tout au début, une légère teinte vert sale rapidement masquée par la coloration bleue plus intense.

De ce produit cristallisé nous avons pu isoler l'acide gallique, que nous avons caractérisé par son point de fusion, sa coloration avec le Fe^2Cl^6, les réactions de Sydney Young, de Flückiger, etc.

Cet acide constitue la plus grande partie des composés phénoliques enlevés par l'éther ou l'éther acétique. A côté de l'acide gallique, existe, en très faible quantité, un composé phénolique se colorant en vert par le Fe^2Cl^6 et que nous n'avons pu encore obtenir à l'état de pureté suffisante.

De la solution aqueuse privée de ces composés phénoliques on peut isoler deux glucosides :

L'un, fondant à 131°, se présentant en petites paillettes blanchâtres et dont nous n'avons pas encore commencé l'étude;

L'autre est la monotropéine. Les caractères de ce corps concordent avec ceux indiqués par M. Bridel. C'est un glucoside lévogyre, se présentant en petits prismes incolores, inodores, à saveur acide, rougissant le tournesol, décomposant le CO^3NaH. Il ne réduit pas la liqueur de Fehling. Sur le bloc Maquenne, il commence à brunir vers 160° et fond instantanément à 174°-175°. Le pouvoir rotatoire que nous avons trouvé est

$$[\alpha]_D = -128°32 \qquad (A = 2°34'; V = 20; P = 0^g20; l = 2).$$

(1) M. Bridel, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1742.

La solution aqueuse hydrolysée par un acide minéral commence par donner d'abord une coloration verte, puis un précipité noir qui ferait penser à l'aucubine s'il n'y avait la coloration verte du début et l'absence d'odeur observée dans le dédoublement de ce dernier glucoside. Sous l'action de l'émulsine, la solution se colore en bleu violet faible qui devient à la longue d'un bleu violet foncé.

Il y a cependant un fait qui nous a longtemps retenu et pour lequel il serait prématuré de formuler une hypothèse. Le dédoublement de la solution de monotropéine pure par l'émulsine est déjà manifeste au bout de 12 heures et est terminé au bout de quelques jours. Lorsque au contraire on fait agir l'émulsine sur des liquides d'épuisement de *Monotropa* privés des composés phénoliques, ou sur des extraits alcooliques ou acétoniques déjà débarrassés de la plus grande partie des substances extractives, on ne constate pas ce dédoublement rapide.

Le liquide se colore en brun, la déviation et la quantité de sucre réducteur formé varient dans de faibles limites. L'émulsine semble ne pas agir. Si l'on ajoute de l'invertine, la teinte bleu violacé apparaît rapidement.

Tout se passe comme si la monotropéine était déjà un produit de dédoublement fermentaire, mais nous nous garderons, en l'état de nos travaux, de formuler une hypothèse à ce sujet.

Ce ne sont pas les seuls composés glucosidiques existant dans la plante. En 1896, M. Bourquelot [1] avait montré que l'odeur du *Monotropa* écrasé était due à un glucoside qu'il n'avait pu isoler. Ce glucoside donnait par dédoublement sous l'action d'un acide ou d'un ferment existant dans le *Betula*, le *Gaultheria* et aussi les *Primula* [2], du salicylate de méthyle, que l'auteur caractérisait par sa coloration violette avec le Fe^2Cl^6.

L'odeur du *Monotropa* que l'on casse n'est pas une odeur franche de salicylate de méthyle, elle est mêlée d'une odeur plus tenace et moins désagréable.

Voulant étudier cette essence, nous avons distillé 25^{kg} de *Monotropa*, et l'eau distillée épuisée à la benzine nous a donné une trentaine de grammes d'essence. Nous avons fractionné cette essence en cinq parties passant respectivement à 190°, 190°-205°, 205°-220°, 220°-235°, 240°-280°.

---

(1) BOURQUELOT, *Sur la présence, dans le* Monotropa Hypopitys, *d'un glucoside de l'éther méthylsalicylique et sur le ferment soluble hydrolysant ce glucoside* (*Journ. Pharm. Chim.*, 6e série, t. 3, 1896, p. 577).

(2) A. GORIS, MASCRÉ, VISCHNIAC, *Étude des essences de Primevère* (*Bull. Sc. Pharm.*, t. 19, 1912, p. 577, 648).

Les quatre premières sont liquides et les trois premières ont une odeur prononcée de salicylate de méthyle; la quatrième a une odeur toute différente, rappelant celle de la plante froissée, et nous en avons isolé une essence solide fondant à 39°.

Les différentes fractions saponifiées ont donné de l'acide salicylique et de l'alcool méthylique caractérisé par la méthode de Denigès. Mais, à côté de cet alcool volatil, on trouve, et cela en proportion d'autant plus grande que l'on s'adresse aux fractions à point d'ébullition plus élevé, un alcool solide, cristallisé, à odeur très agréable.

Il est très difficile d'affirmer que cet alcool est éthérifié par l'acide salicylique, car la fraction d'essence saponifiée n'est encore qu'un mélange, et avec de petites quantités d'acide salicylique on trouve un second acide.

L'observation de Bourquelot est ainsi prouvée en ce qui concerne la présence de salicylate de méthyle. Toutefois, une seconde essence intervient pour donner à la plante froissée son odeur si tenace et si caractéristique.

Nous ajouterons que l'odeur de salicylate de méthyle est surtout prononcée dans la partie renflée de la base de la tige, tandis que l'odeur de la seconde essence se trouve surtout dans la hampe florale.

MYCOLOGIE. — *Coefficients d'utilisation et vitesse de croissance chez les champignons.* Note (1) de M. **Ch. Killian**, transmise par M. Ch. Flahault.

L'*Aspergillus niger*, comme l'ont démontré récemment Terroine et Wurmser (2), est d'une indifférence complète envers les variations qualitatives et quantitatives du milieu de culture : le coefficient d'utilisation y reste identique, sauf par un changement de la source azotée ou par l'augmentation considérable de l'acidité. La question se pose de savoir si les autres champignons se comportent de la même façon. L'argumentation de ceux qui répondent par la négative paraît contestable, d'autant plus qu'ils ne sont même pas d'accord sur le choix d'un critérium qualifiant la valeur nutritive d'une substance. J'ai donc repris l'étude sur des champignons appartenant au groupe des parasites, saprophytes facultatifs et obligatoires. Après de nombreux essais infructueux je me suis borné à l'étude

(1) Séance du 11 juin 1923.

(2) *Bull. Soc. Chimie Biol.*, 1922.

des derniers, principalement du *Penicillium glaucum* et du *Cladosporium herbarum*. Ceux-ci atteignent vite le maximum de leur développement, avant 15 jours, et les phénomènes de désassimilation n'interviennent pas dans ces conditions.

Je me suis servi de 50^{cm^3} par culture de la solution nutritive de Czapek non zincifiée, renfermant comme source d'Az 0,5 pour 100 de $(NH^4)^2SO^4$ ou d'autres substances isoazotées. Ni les fluctuations journalières de la température ni la grandeur des vases de culture n'influent sur les résultats.

1. *Influence de la nature de la source azotée :* 1° sur le coefficient d'utilisation U; 2° sur la rapidité de croissance P (poids sec moyen formé par jour). Sucre : glucose — 4-9-50 cultures par série.

	Penicillium.		*Cladosporium.*	
Az.	U.	P.	U.	P.
$(NH^4)^2SO^4$	0,33	0,030	0,38	0,013
NH^4NO^3	0,31	0,032	0,38	0,025
KNO^3	0,30	0,031	0,40	0,019
$NaNO^3$	0,31	0,040	0,38	0,017
Asparagine	0,42	0,042	0,45	0,048
Urée	0,15	0,014	0,36	0,011

Les deux champignons ne font donc, contrairement à ce qui se passe pour l'*Aspergillus*, aucune distinction entre les sels d'NH^4 et les nitrates, malgré ce qu'on a prétendu pour le *Penicillium*. L'asparagine, servant en même temps comme source d'Az et de C, fait augmenter à la fois P et U. L'urée, au contraire, est moins bien utilisée par le *Penicillium*, la croissance étant ralentie et la consommation du sucre étant accrue simultanément. Ce champignon se comporte donc autrement que l'*Aspergillus* et que le *Cladosporium*.

2. La vitesse de croissance, variable en présence des mêmes quantités de glucose et d'urée, entraîne toujours une modification correspondante de U, exactement comme chez l'*Aspergillus*, quand on ralentit la croissance par l'acidification du milieu.

U.	P.
0,29	0,041
0,22	0,021
0,15	0,014
0,12	0,009

3. Afin d'obtenir par d'autres moyens un abaissement d'U et de P, j'ai diminué jusqu'au dixième la concentration de la source azotée.

	Penicillium.				*Cladosporium.*			
	0,5 p. 100.		0,05 p. 100.		0,5 p. 100.		0,05 p. 100.	
Az.	U.	P.	U.	P.	U.	P.	U.	P.
$(NH^4)^2SO^4$..........	0,33	0,030	0,35	0,014	0,38	0,013	0,36	0,009
KNO^3..............	0,30	0,031	0,29	0,012	0,40	0,019	0,36	0,016

Chez le *Penicillium* la diminution de l'Az entraîne un abaissement considérable de P; mais, comme la consommation du sucre est moins grande, U reste identique. Chez le *Cladosporium*, dans ces conditions, la diminution de P est moins considérable, ce qui est en rapport avec sa moins grande sensibilité aux variations de la source d'Az. Les deux champignons se comportent donc, à cet égard, comme l'*Aspergillus*.

4. Les choses se compliquent si l'on modifie la nature de la source de C:

	Penicillium.				*Cladosporium.*			
Az...........	$(NH^4)^2SO^4$.		KNO^3.		$(NH^4)^2SO^4$.		KNO^3.	
Sucres.........	U.	P.	U.	P.	U.	P.	U.	P.
Arabinose......	0,30	0,013	"	"	0,34	0,005	"	"
Glucose........	0,33	0,030	0,30	0,031	0,38	0,013	0,40	0,019
Xylose.........	0,34	0,025	"	"	0,36	"	"	"
Lévulose.......	0,35	0,026	0,41	0,021	0,38	0,160	0,51	0,019
Galactose......	0,42	0,026	0,35	0,015	0,46	0,017	0,47	0,032

En présence de $(NH^4)^2SO^4$, U augmente pour les deux champignons, de l'arabinose au glucose-xylose-lévulose-galactose; mais cela change en présence de KNO^3. Voici donc une différence fondamentale entre les *Penicillium* et *Cladosporium* d'une part et l'*Aspergillus* de l'autre. Chez ce dernier la variation du sucre n'entraîne aucun changement d'U, mais la nature de la source de C le modifie beaucoup, et de façon différente, suivant la nature de la source d'Az.

Aucune proportion n'existe plus entre U et P. Il s'ensuit que ni l'un ni l'autre n'est un critérium de la valeur nutritive d'une substance. Il existe entre les divers constituants d'une solution nutritive un état d'équilibre qui ne permet pas de définir leur valeur absolue. On ne peut parler que de la valeur d'une solution tout entière. Ces mêmes résultats ont d'ailleurs été obtenus en physiologie animale.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *L'ondulation de fatigue dans différentes régions du spectre.* Note de M. ÉMILE HAAS, présentée par M. J. Breton.

L'ondulation de fatigue, dont j'ai rappelé la définition dans une précédente Note ([1]), dépend, pour une lumière d'intensité photométriquement donnée, de la couleur de cette lumière. Il est intéressant de rapprocher les valeurs de l'ondulation de fatigue des valeurs des coefficients d'utilisation des différentes radiations.

L'ondulation de fatigue avait été mesurée par Broca et Sulzer ([2]) pour le blanc, le rouge, le vert et le bleu. Ces auteurs s'étaient servi de radiations obtenues à l'aide de milieux absorbants : on aurait pu reprocher au procédé qu'il ne fonrnit pas de couleurs rigoureusement pures. En conséquence, j'ai préalablement déterminé l'ondulation de fatigue à l'aide de la méthode déjà employée par Broca et Sulzer, mais en me servant des couleurs d'un spectrophotomètre.

Il n'y a pas lieu de revenir ici sur le dispositif expérimental, très analogue à celui qu'ont décrit ces auteurs, et dont le principe consiste à comparer une plage d'éclairement intermittent à une plage d'éclairement fixe.

Aux couleurs qu'ils ont étudiées, j'ai ajouté le jaune de la région des raies D.

Les valeurs de l'ondulation de fatigue obtenues dans ces conditions sont :

	50 lux.	100 lux.	200 lux.	300 lux.
Rouge 6560 angströms........	0,14	0,82	1,54	1,80
Jaune 5890 »	0,60	1,80	2,12	//
Vert 5300 »	0,20	0,52	0,65	1
Bleu 4690 »	2,98	3,78	//	//

A titre documentaire, je rappelle que Broca et Sulzer avaient obtenu, pour 95 lux, les valeurs suivantes de l'ondulation de fatigue :

	Ondulation de fatigue.
Rouge (verre photographique)....................	0,9
Vert Nagel....................................	0,25
Bleu (eau céleste).............................	>3

([1]) ÉMILE HAAS, *Nouvelles expériences sur le phénomène de Broca et Sulzer* (*Ondulation de fatigue*) (*Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 188).

([2]) ANDRÉ BROCA et D. SULZER. *La sensation lumineuse en fonction du temps pour les lumières colorées* (*Journal de Physiologie et de Pathologie générales*, n° 1, janvier 1904).

Les valeurs de Broca et Sulzer sont, à l'approximation des expériences de physiologie, tout à fait analogues à celles que j'ai obtenues.

Pour ce qui concerne les coefficients d'utilisation des différentes radiations, je me sers des nombres déterminés par Langley, soit :

	Sensibilité.	Kilogrammètres par centimètre carré et par seconde.	
Rouge 6500	0,07	540	quintillioniènes
Jaune 5500	5,38	7	»
Vert 5000	7,58	5	»
Bleu 4500	2,70	14	»

Les longueurs d'onde sur lesquelles portent les mesures de Langley diffèrent de celles que j'ai utilisées dans mes mesures. Le rapprochement est cependant légitime, car les extrémités de mes plages diffèrent nécessairement de 80 angströms environ, en plus et en moins du nombre indiqué. La courbe d'utilisation de Langley est d'ailleurs continue et l'on peut obtenir par interpolation les valeurs dont il est besoin; la conclusion reste la même.

L'ondulation de fatigue et le rendement de l'énergie en sensation varient généralement en sens inverse. L'ondulation de fatigue a un maximum dans le bleu, où le rendement est mauvais; un maximum relatif dans le jaune, où le rendement n'est pas très bon; un minimum dans le vert, où le rendement est le meilleur. *Pour ce qui concerne le rouge, la formule énoncée est complètement en défaut.*

Cette exception semble se rattacher au fait que la sensibilité au rouge dépend de l'observateur, beaucoup plus que la sensibilité aux autres couleurs.

Dans une série d'expériences entreprises avec Laporte et Jouaust, A. Broca [1] a montré que lorsque l'on cherche à égaliser photométriquement le rouge à une autre couleur, les écarts individuels sont considérables, et atteignent le rapport de 1 à 4.

Déjà Lord Rayleigh avait montré, en 1880, que la proportion de rouge entrant dans un mélange pour obtenir un ton composé comparable à une couleur pure était très différente suivant les observateurs.

---

(1) André Broca, Jouaust, de la Gorce, Laporte, *Étude des nouvelles lampes électriques luminescentes* (*Bulletin de la Société Internationale des Électriciens*, février 1913).

En raison de ces faits, on ne peut pas attribuer au coefficient d'utilisation donné par Langley pour le rouge un caractère de généralité : ce coefficient lui est personnel, comme toutes les mesures où intervient la sensibilité au rouge. On ne saurait se fonder sur ce nombre pour établir une loi générale.

Au cours de ce travail, j'ai pu constater que la variation d'éclat due aux courtes excitations n'est pas un phénomène simple : il y a simultanément changement de ton. Ce fait avait été déjà signalé par Broca et Sulzer (voir Mémoire cité). Les radiations qu'ils employaient n'étant pas rigoureusement pures, on aurait pu attribuer le changement de ton à d'inégales sensibilités aux composantes, pour les durées d'excitation employées. Mes expériences avec des couleurs spectrales montrent que le changement de ton apparent dépend directement de la durée d'excitation.

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Action de l'insuline sur la glycémie et sur l'acidose*. Note de MM. **A. Desgrez**, **H. Bierry** et **F. Rathery**, présentée par M. F. Widal.

Les travaux de von Mering et Minkowski, relatifs à l'extirpation du pancréas, de Minkowski, de Hédon (greffe pancréatique), de Laguesse, Lépine, Dale, etc., ont fait admettre une sécrétion interne du pancréas, indispensable au métabolisme des sucres et localisée dans les îlots de Langerhans. Ces travaux devaient conduire à chercher dans l'opothérapie pancréatique un mode rationnel de traitement du diabète. Les premiers essais furent ceux de Rennie et Fraser (1904-1905), qui utilisèrent des extraits d' «îlots» de téléostéens, poissons chez lesquels ces «îlots» sont indépendants du pancréas proprement dit. Les recherches de Banting, Best [1], Macleod, Collip engagèrent la question dans une voie nouvelle. Ces physiologistes établirent que l'on peut extraire du pancréas un principe actif dénommé par eux « insuline », capable de provoquer, chez le lapin, une hypoglycémie marquée, de même que, chez le chien dépancréaté, une diminution de l'hyperglycémie et de la glycosurie, avec augmentation de la tolérance pour les hydrates de carbone.

L'insuline fut ensuite utilisée avec succès dans le traitement du diabète :

---

(1) Banting et Best, *Journ. Lab. and Clin. Med.*, t. 7, 1922, p. 464; Banting, Best et Macleod, *Amer. Journ. Physiol.*, t. 59, 1922, p. 479; Banting, Best, Collip, Macleod and Noble, *Transact. Roy. Soc. Canada*, mai 1922, etc.

Banting, Campbell et Flechter ont établi que les injections de cette substance réduisent l'hyperglycémie, la glycosurie et l'acétonurie chez le diabétique; la réserve alcaline du sang et la tension du CO^2 alvéolaire revenant à la normale chez les malades en imminence de coma.

En France L. Blum a, le premier, utilisé les méthodes des savants canadiens et nous avons nous-mêmes effectué toute une série de recherches sur l'insuline.

En modifiant comme il nous a paru avantageux les techniques publiées par Collip (*Transact. of the Roy. Soc. of Canada*, third Series, 1922), par Doisy, par Michael Somogyi et Shaffer, par Mackenzie Wallis, nous avons préparé le principe actif du pancréas, soit sous la forme d'extraits, soit sous celle d'une poudre blanche exempte de matières grasses et de sels. Comme test d'activité, nous avons adopté l'hypoglycémie provoquée, chez le chien, à la suite d'injection intramusculaire. A l'animal à jeun, nous avons injecté soit la poudre, en solution aqueuse isotonique et aseptique, soit l'extrait pancréatique. Le sucre était dosé dans le plasma du sang prélevé avant, puis deux heures après l'injection. A la dose de 5 à 6^{mg}, la poudre d'insuline a provoqué, chez le chien de 9 à 10^{kg}, une hypoglycémie très nette. L'un de nos animaux, par exemple, dont le plasma accusait $1^g,25$ de sucre par litre avant l'injection, n'en donnait plus que $0^g,70$ deux heures après.

Il était intéressant de rechercher les toxicités respectives de la poudre d'insuline et des extraits en fonction d'une même hypoglycémie. Certains extraits, avec une action hypoglycémisante voisine de celle de la poudre, ont manifesté une toxicité variable, quelquefois mortelle. Pour une activité égale vis-à-vis de la glycémie, la poudre n'a donné lieu à aucun trouble apparent de la santé.

Nos recherches portèrent ensuite sur des diabétiques. Voici quelques-uns des résultats obtenus avec une même poudre d'insuline, en ce qui regarde surtout l'effet sur la glycémie et l'excrétion des corps cétoniques (acétone, acide acétylacétique) et sur l'acide cétogène (β-oxybutyrique).

Le régime équilibré ([1]), dont nous avons montré l'intérêt chez le diabétique, garde toute son importance au cours du traitement par l'insuline ([2]). Nous avons déjà insisté sur ce point en publiant nos premières recherches sur cette substance. Elliott Joslin a fait remarquer tout récemment

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 244; *Soc. de Biol.*, 4 février 1922; *Bull. Acad. de Méd.*, 21 novembre 1922.

([2]) *Bull. Acad. de Méd.*, 17 avril 1923.

qu'un régime approprié est indispensable pour le succès complet de la cure par l'insuline.

Mentionnons d'abord le cas d'un malade chez lequel une seule injection de $0^g,03$ de poudre fit tomber, en 24 heures, le sucre urinaire de 60^g à 5^g, les corps cétoniques de $0^g,48$ à 0, l'acide cétogène, de $2^g,05$ à $0^g,42$. Trois jours après, le sucre remontait à 68^g, les corps cétoniques à $0^g,10$, l'acide cétogène à $2^g,23$. Une seule injection a donc pu amener, avec la disparition des corps cétoniques, une baisse considérable de l'acide cétogène et de la glycosurie. Toutefois, l'effet fut de courte durée. La dissociation des deux éléments cétoniques et cétogène de l'urine nous oblige encore à insister sur la nécessité de doser ces deux sortes de corps.

A divers degrés d'acidose, on observe une baisse constante de l'excrétion de ces deux éléments, sous l'influence des injections :

	Corps cétoniques par 24^h.	Acide cétogène par 24^h.
Malade D.		
Avant injection	$3^g,90$	$45^g,0$
Après injection de $0^g,04$	3,77	25,0
Après nouvelle injection de $0^g,04$	2,20	19,0
Malade R.		
Avant injection	0,50	5,0
Après injection de $0^g,03$	0,24	3,40
Après nouvelle injection de $0^g,03$	0,07	1,32
Le jour suivant, sans nouvelle injection	0,04	1,80
Malade P.		
Avant injection	0,52	1,60
Après injection de $0^g,025$	0,13	1,09

Des doses répétées et convenables d'insuline sont nécessaires pour une baisse notable de l'acétonurie dans les cas très graves. De faibles doses ne donnent aucun résultat ([1]).

Winter et Smith, Forrest, Smith et Winter, etc., ont attiré l'attention sur une forme particulière du *d*-glucose existant dans le sang normal, pouvant manquer dans celui du diabétique, mais capable d'y être rétablie à la suite du traitement par l'insuline. Nous avons déjà insisté sur l'hypothèse que le métabolisme de l'acide β-oxybutyrique serait conditionné par une

([1]) Chaque injection d'insuline a été suivie par une baisse marquée de l'hyperglycémie, pouvant atteindre, en 2 heures, 20 à 30 pour 100 du taux primitif.

forme particulière du *d*-glucose. La transformation du système αβ-glucose en un système βγ paraît donc également nécessaire pour la combustion de l'acide β-oxybutyrique.

Conclusions. — Les préparations du principe pancréatique connu sous le nom d'insuline, isolé, sous forme de poudre, par précipitations fractionnées, doivent être préférées aux simples extraits obtenus sans précipitation préalable du corps actif. Ces derniers peuvent, en effet, présenter, en dehors de leur influence sur la glycémie, une toxicité propre.

Des doses répétées et convenables d'insuline produisent une diminution marquée de l'excrétion des corps cétoniques et de l'acide cétogène.

Le métabolisme de ces corps est très probablement conditionné par certaines formes tautomères du *d*-glucose.

EMBRYOGÉNIE. — *L'ovogenèse et la segmentation de* Myriothela Coksi (Vigurs). Note de M. **P. Benoit**, présentée par M. Henneguy.

Les observations sur l'ovogenèse et la segmentation de la Myriothèle sont très peu nombreuses. Allmann (1875) et Korotneff (1881 et 1885) ont bien vu, dans chaque gonophore, les ovogonies se fusionner pour donner un œuf unique, mais pas un mot sur les phénomènes de la maturation, de la fécondation et des premiers stades du développement de l'œuf. Labbé (1899) dans son travail sur « L'ovogenèse dans les genres *Myriothela* et *Tubularia* » se limite aussi exclusivement à la formation de l'œuf.

Sur la partie médiane de son corps, la Myriothèle porte, comme on sait, de nombreux blastostyles sur lesquels sont fixés, de chaque côté, les gonophores ou sporosacs des deux sexes, caractère exceptionnel chez les Hydraires. Or, en plus des gonophores purement mâles ou purement femelles, on observe très fréquemment des gonophores hermaphrodites remplis d'un côté de produits mâles et de l'autre des produits femelles sur lesquels je reviendrai ultérieurement.

Le gonophore femelle jeune contient des ovogonies qui se multiplient activement par mitose ou par amitose et remplissent la cavité du gonophore. Leur noyau caractéristique contient un gros nucléole central très chromatique et de nombreux grains de chromatine appliqués contre la membrane du noyau sans réticulum lininien visible.

De très bonne heure, à la partie supérieure de l'axe du gonophore, l'ovocyte appliqué contre la cavité digestive grossit et deviendra l'œuf.

Immédiatement son noyau, qui double de volume, change de structure : son gros nucléole sidérophile perd sa chromatine qui s'éparpille en grains de différente taille, rejetés dans le cytoplasme. Il apparaît un réticulum de linine à mailles très serrées chargé de grains chromatiques. Cet aspect tout à fait caractéristique persistera jusqu'à la maturation. Le nucléole achromatique se fragmente en une vingtaine de nucléoles secondaires.

A ce moment, l'ovocyte grossit non seulement par apport de substances alimentaires qui lui arrivent de la cavité gastrique, mais encore par fusion des ovocytes voisins dont les noyaux en dégénérescence constituent les pseudocellules. Il se forme cinq ou six plages de fusion d'ovocytes toutes en rapport avec l'endoderme de la cavité gastrique du gonophore.

A l'encontre de ce qu'on trouve chez la Tubulaire, où la plupart des pseudocellules persistent sans grande altération, chez la Myriothèle les noyaux des ovocytes incorporés dégénèrent complètement. Leur chromatine, concentrée en une grosse boule qui occupe tout le noyau, se divise en sphérules nombreuses qui deviennent libres, s'entourent d'une zone claire et se dispersent dans le cytoplasme de l'œuf. Ce sont des sphérules vitellines qui s'allongent et se segmentent sous forme de bâtonnets à nombreux articles.

L'œuf ayant fini son accroissement va subir la réduction chromatique. A ce stade, les nombreux nucléoles achromatiques formés dans le noyau pendant l'accroissement, sont rejetés dans le cytoplasme. Extérieurement au noyau, sur une de ses faces latérales apparaît un centrosome avec centriole très visible et aster dont les fibres produisent une encoche sur la membrane. Il se dédouble, le fuseau se forme. Malheureusement, je n'ai pas vu la formation des tétrades et leur mise au fuseau. J'ai seulement observé l'expulsion du premier globule polaire, la reconstitution du noyau au repos au moyen de huit petites vésicules arrondies dont chacune possède un grain chromatique central.

Étant donnés la grosseur du noyau de l'œuf avant la première mitose de réduction et son volume très réduit après cette mitose, on doit penser qu'une très grande partie de sa chromatine est expulsée dans le cytoplasme comme cela se passe par exemple pour l'œuf de *Cerebratulus* (Kostanecki, 1902).

Après une courte phase de repos, le noyau reconstitué entre de nouveau en mitose et j'ai vu très nettement le fuseau de réduction du deuxième globule polaire avec les deux centrosomes bien visibles, mais sans aster autour d'eux. Pendant ce temps, le premier globule polaire entre lui

aussi en mitose et montre un fuseau légèrement aplati avec ses chromosomes bivalents sur la plaque équatoriale. Les dyades, très nettes sur le deuxième fuseau de réduction, sont au nombre de huit.

La réduction chromatique finie, l'enveloppe du gonophore s'ouvre à l'extrémité et glisse sur les faces latérales de l'œuf. Le pronucleus femelle, très petit, est aplati; son centrosome disparaît.

Le gonophore mâle mûr est rempli d'une grande quantité de spermatozoïdes qui refoulent le spadice, le rompent et passent dans la cavité du blastostyle, de là dans le pédoncule d'un gonophore femelle. L'un d'eux pénètre dans l'œuf, au pôle inférieur.

Je n'ai pu constater un seul cas du polyspermie alors que chez *Tubularia mesembryanthemum* elle est excessivemeut fréquente.

A peine le spermatozoïde a-t-il pénétré dans l'œuf que son spermocentre apparaît. Les deux pronucleus vont l'un vers l'autre, s'accolent. Le premier fuseau de segmentation, très petit, est entouré par une grande quantité de globules vitellins sidérophiles qui bourgeonnent très activement. Les deux noyaux filles entrent immédiatement en mitose et l'on trouve ainsi 4, 8, 16 noyaux en division toujours bipolaire, épars autour du centre de l'œuf sans segmentation cytoplasmique. Puis celle-ci se produit en commençant par le pôle opposé à la base d'implantation de l'œuf sur le pédoncule et se continue extérieurement du sommet vers un des côtés, puis vers l'autre, laissant le centre et la base de l'œuf indivis. A ce moment seulement l'œuf quitte le pédoncule et est saisi par un ou plusieurs claspers qui le maintiennent par leur ventouse pendant que la division cytoplasmique se termine. On a alors un très beau stade morula où toutes les cellules sont en mitose.

Les stades suivants ont été décrits dans leur ensemble par Almann et Korotneff.

Ainsi la Myriothèle comme *Gonothyrca* a une fécondation et des mitoses de segmentation normales.

PARASITOLOGIE. — *Un cas de parasitisme accidentel d'une Nèpe par un Infusoire.* Note de MM. L. **Mercier** et R. **Poisson**, présentée par M. F. Mesnil.

Au cours de recherches sur les Hémiptères aquatiques, nous avons eu l'occasion d'observer une larve de *Nepa cinerea* L., qui présentait une

tumeur du volume d'une tête d'épingle sur l'une des faces latéro-ventrales du métathorax. Cette larve, qui lors de sa capture se trouvait au cinquième stade larvaire, a pu être élevée jusqu'à la mue imaginale. A ce moment l'Insecte a été sacrifié en vue de l'étude de la tumeur.

L'examen des coupes histologiques (*fig.* 1), obtenues après fixation au

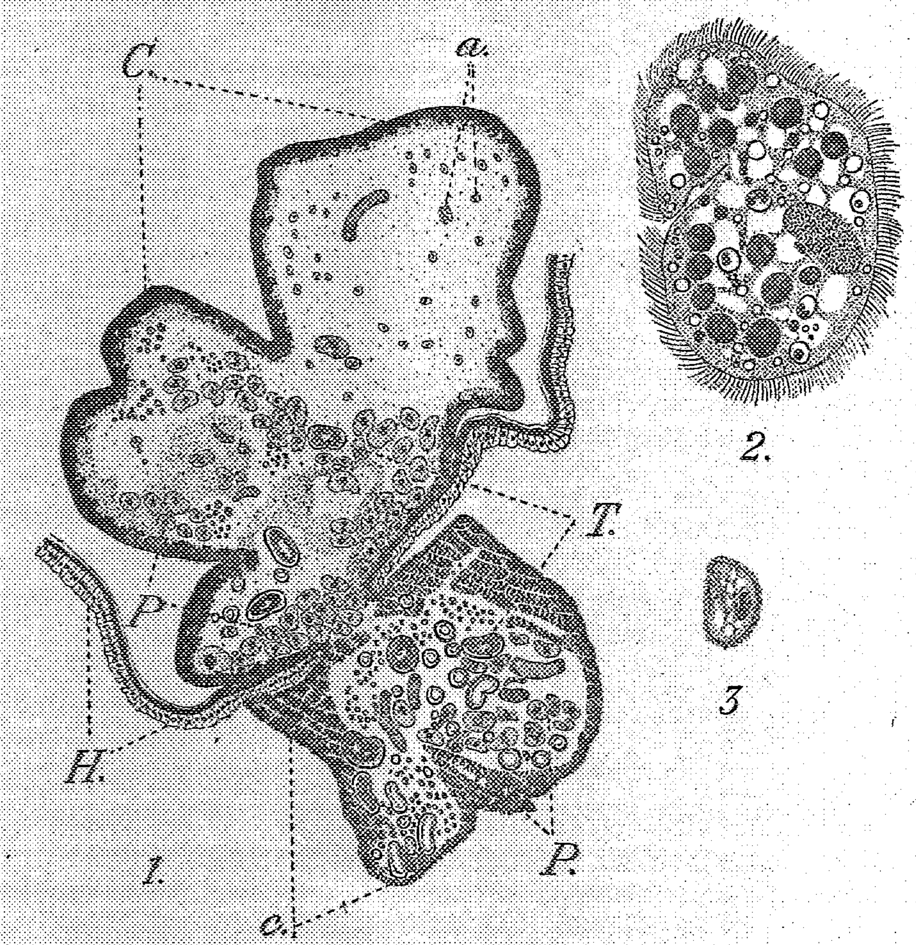


Fig. 1. Coupe de la tumeur. × 75. — Fig. 2. Infusoire de grande taille. × 680.
Fig. 3. Infusoire de petite taille. × 680.

formol picro-alcoolique et coloration à l'hématoxyline ferrique, éosine-orange, montre que la tumeur se compose de deux régions distinctes : l'une externe, faisant saillie en dehors du corps de l'Insecte ; l'autre interne, formant poche à l'intérieur de la cavité générale. Au point de communication des deux régions, l'hypoderme (H) et la cuticule sont détruits.

La portion externe de la tumeur est limitée par une membrane (C) de contour irrégulier et relativement épaisse. Cette membrane est chargée d'un abondant pigment mélanique; elle circonscrit une cavité qui est occupée, sur les coupes, par un coagulum dans lequel sont englobés de nombreux Infusoires (P), des amibocytes (*a*) et des trachées (T). Ces trois catégories d'éléments se retrouvent dans la portion interne de la tumeur; mais on observe en outre dans celle-ci des fibres musculaires en voie de dégénérescence. Notons de plus que, dans cette seconde région, la membrane limitante pigmentaire (*c*) est moins épaisse que dans la portion externe.

La présence d'Infusoires permet de considérer cette tumeur comme une malformation d'origine parasitaire. La structure histologique démontre qu'il s'agit en réalité d'un kyste volumineux qui s'est édifié au cours de la réaction de l'organisme de l'hôte vis-à-vis du parasite. A notre avis, on peut considérer la membrane kystique, chargée de pigment brun noir, comme correspondant à une réaction phagocytaire intense. En effet, A.-Ch. Hollande (1920) (1) a constaté que chez certains Insectes il se forme un pigment analogue toutes les fois que « les phagocytes, attirés en grand nombre, entourent les éléments étrangers trop gros pour être incorporés dans leur protoplasme ».

D'après nos observations sur coupes, nous pensons pouvoir rapporter l'Infusoire parasite de la Nèpe au genre *Colpoda* O.-F. Müller. Les espèces de ce genre mènent une vie libre; aussi ce cas de parasitisme doit être considéré comme accidentel. Vraisemblablement c'est une blessure intéressant les téguments de la larve de Nèpe qui a servi de porte d'entrée à l'Infusoire.

Les parasites se présentent sous deux aspects très différents. Les uns sont de grande taille (*fig.* 2) et mesurent de 60^{μ} à 70^{μ} dans leur plus grande dimension; leur cytoplasme renferme de nombreuses inclusions et en particulier des amibocytes qu'ils ont phagocytés. Les autres, de petite taille, n'atteignent que 15^{μ} (*fig.* 3); leur cytoplasme ne contient aucune enclave figurée. Ces deux aspects du parasite méritent de retenir l'attention. Les grands individus présentent, comme les Infusoires menant une vie libre, un mode de nutrition phagocytaire, tandis que les exemplaires de petite

(1) A.-Ch. Hollande, *La formation du pigment brun noir (mélanine) au cours de la phagocytose chez les Insectes* (*Comptes rendus Soc. Biol.*, Paris, t. 83, 1920, p. 726).

taille paraissent se nourrir uniquement de substances dissoutes. Cette plasticité que nous constatons dans le mode de nutrition du Colpode parasite de la Nèpe vient précisément d'être mise expérimentalement en évidence par Lwoff (1923) (¹) chez une forme très voisine. Lwoff, opérant sur *Colpidium colpoda*, a constaté que si dans les conditions naturelles la nutrition des Infusoires libres est essentiellement phagocytaire, il est possible, en leur fournissant un milieu convenable, de nourrir certains d'entre eux de substances dissoutes. Ces derniers ne renferment alors aucune vacuole digestive.

Si, nous plaçant à un point de vue général, nous envisageons l'origine du parasitisme, l'importance de la plasticité dans le mode de nutrition est capitale. En effet, pour quiconque est évolutionniste, nul doute que les parasites proviennent d'ancêtres libres. Or, il est de toute évidence que, parmi les formes libres, ce sont celles qui sont les plus ubiquistes, celles qui sont *préadaptées* à des modes de nutrition variés qui ont le plus de chance de vivre dans les milieux nouveaux où elles sont introduites accidentellement. De telles formes sont susceptibles de devenir directement parasites; elles réalisent ce que Giard (²) a appelé les *parasites inchoatifs*.

Dans la majorité des cas, l'origine du parasitisme normal a probablement été le parasitisme inchoatif et le cas du Colpode de la Nèpe est susceptible de nous expliquer la genèse des nombreuses espèces d'Infusoires endoparasites d'Invertébrés.

HISTOLOGIE. — *Recherches cytologiques sur l'état de l'huile dans les graines oléagineuses. La graine mûre.* Note de MM. **A. Policard** et **G. Mangenot**, présentée par M. Roux.

Pour les classiques, dans les cellules de réserve des graines oléagineuses mûres, l'huile se trouve à l'état « de très fine émulsion cytoplasmique » (³). Mais cette notion a trouvé des contradicteurs; Tschirsch, par exemple, estime que, dans ces cellules, l'huile est en mélange homogène avec le cytoplasme, qu'elle imbibe en quelque sorte (théorie de « l'ölplasma »). Mais aucune observation convaincante n'est venue à l'appui de cette manière de

(¹) Lwoff, *Sur la nutrition des Infusoires* (*Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 928).
(²) Giard, *Bulletin scientifique France et Belgique*, t. 12, 1880, p. 1.
(³) M. Molliard, *Nutrition de la plante. Utilisation des substances ternaires* (*Encyclopédie scientifique*, Doin, Paris, 1923, p. 25).

voir (¹). La conception classique n'est d'ailleurs pas mieux étayée; la lecture des pages très documentées, consacrées à cette question par Arthur Meyer dans un livre récent (²), mène à cette conviction que l'état de l'huile dans la cellule de réserve des graines oléagineuses est en réalité inconnu.

Cette ignorance d'un point, dont nul n'a méconnu la haute importance morphologique et physiologique, tient à l'insuffisance des techniques en usage pour l'étude microchimique des corps gras. Les botanistes ont généralement recours à l'acide osmique, accessoirement au Soudan III et à la teinture d'Alcanna. Le premier, de pénétration lente et difficile, exige une action prolongée et l'utilisation de fragments de tissus très petits.

Traités par l'acide osmique, de petits fragments d'albumen oléagineux prennent une coloration opaque et ne livrent aucun détail. A leur niveau, des coupes minces sont impossibles, les réactifs utilisés dans l'inclusion dissolvant tout ou partie des huiles. Pour une raison analogue, le Soudan et l'Alcanna dissous dans un véhicule alcoolique sont peu favorables à ces recherches

De récentes observations (³), faites sur la cellule adipeuse des Mammifères, nous ont incité à reprendre l'étude histologique des tissus de réserve des graines oléagineuses (albumen du Ricin) en utilisant, suivant des techniques nouvelles, le Rouge Écarlate et le Bleu d'Indophénol.

Le Rouge Écarlate (Scharlach Rot de Biebrich) a été employé de la façon suivante : une goutte de solution dans la benzine est évaporée sur lame; il reste adhérant au verre une mince couche d'aiguilles cristallines microscopiques. Sur ce tapis de cristaux de colorant, une couche d'albumen de Ricin est déposée et rendue adhérente par une légère pression. Les fines aiguilles de couleur, mises au contact des cellules et pénétrant peut-être même dans leur intérieur, se dissolvent dans l'huile en la colorant en rouge. Par ce procédé le Rouge Écarlate est employé pur, à l'exclusion de tout solvant.

Le Bleu d'Indophénol, récemment préconisé par Zweibaum (⁴) pour la détection des graisses animales, a été utilisé en solution aqueuse suivant une technique spéciale qui sera publiée prochainement; il colore les huiles en bleu et constitue le réactif de choix pour l'étude des éléments oléagineux.

(¹) Tschirsch et Kritzler, *Mikrochemische Untersuchungen über die Aleuronkörner* (*Ber. der deutsch. pharm. Gesellsch.*, 10 Jahrg., 1900).

(²) Arthur Meyer, *Morph. u. Phys. Analyse der Zelle der Pflanzen u. Tieren* G. Fischer, Iena, 1921).

(³) Policard, *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 534.

(⁴) Zweibaum, *C. R. de la Société de Biologie de Lyon*, 11 juin 1923.

Pour exclure tout solvant des corps gras, les coupes ont été pratiquées au microtome à congélation à la neige carbonique.

Étudiée par ces techniques, la cellule de l'albumen d'une graine mûre de Ricin apparaît entièrement remplie d'huile. Celle-ci ne se montre jamais sous forme de gouttelettes serrées; elle représente une goutte énorme, *parfaitement homogène*. Au sein de cette masse huileuse, les grains d'aleurone, complètement incolores, donnent l'impression de trous. Leurs caractères de réfringence sont en effet ceux de particules aqueuses en suspension dans de l'huile. La membrane a même aspect optique. Elle n'est, elle aussi, jamais teinte par les réactifs des graisses; elle est demeurée aqueuse.

Dans un fragment du même albumen traité par un liquide à la fois fixateur et solvant de l'huile, comme l'alcool fort, et ensuite par l'hémalun, les grains d'aleurone sont colorés, le cytoplasma est indistinct ou est représenté par un fond finement grenu, le noyau n'est jamais visible.

En résumé, la cellule de l'albumen d'une graine mûre de Ricin consiste essentiellement dans une utricule remplie d'huile, renfermant en suspension quelques grains d'aleurone, sans noyau ni cytoplasma visibles par les moyens histologiques habituels.

On peut conclure de ces constatations que, dans la cellule de la graine mûre, l'huile n'existe pas sous forme d'une très fine émulsion. La conception de Tschirsch, d'un cytoplasma intimement mêlé d'huile, semble au contraire beaucoup plus près de la réalité. Mais la conception du savant allemand n'a jamais été bien précisée; la nature de son « ölplasma » est restée mal définie. Nous croyons pouvoir tirer de nos recherches des conclusions moins vagues. Au cours de la maturation de la graine, l'huile s'accumule dans les cellules de l'albumen sous forme de gouttes de dimensions variées dont le nombre s'accroît sans cesse (Guilliermond). Cette augmentation constante de la teneur en l'huile du cytoplasma, jointe à une déshydratation progressive, conduit à une rupture de l'équilibre colloïdal de la cellule. Par une véritable inversion, on passe d'un système diphasique (huile dans cytoplasma aqueux), à un autre système également diphasique, mais formé de cytoplasma aqueux dans huile. Primitivement phase interne, l'huile est devenue, dans la graine mûre, la phase externe ou milieu de dispersion. On comprend ainsi pourquoi la surface de section de l'albumen d'une graine mûre graisse le papier de soie et celle d'une graine en germination (dans laquelle la structure a repris le caractère primitif) mouille ce même papier au lieu de le graisser. On observe des phénomènes identiques avec le beurre (eau dans graisse) qui graisse le papier, et le lait ou la crème (graisse dans eau) qui le mouille.

Cette conception permet d'expliquer un fait qui apparaissait jusqu'à présent comme absolument paradoxal pour les cytologistes. Nicloux a montré dans ses recherches classiques sur la saponification dans la graine de Ricin, que la lipase est dissoute dans l'huile ; elle agit seulement après intervention d'eau ; mais son existence paraît, en fait, être liée à l'huile elle-même. Les faits exposés ci-dessus font comprendre que la propriété lipasique est liée aux éléments cytoplasmiques dispersés et intégrés en quelque sorte dans l'huile et devenus invisibles dans la graine mûre.

MÉDECINE. — *Dix cas de grossesse après traitement des fibromes de l'utérus par les rayons X*. Note (¹) de M. **Maxime Ménard**, présentée par M. d'Arsonval.

Dans une Note présentée ici même par M. d'Arsonval à la séance du 26 mai 1919, nous avons montré (²), avec examens histologiques à l'appui, que l'action des rayons X, localisée sur l'utérus seul, respecte l'activité ovarienne et l'architecture de l'utérus tout en permettant d'obtenir la dégénérescence du fibrome. Nous appliquons cette technique sur toutes les malades ayant en général moins de 40 ans.

Dans notre pratique, nous comptons dix cas de grossesses survenues, soit au cours, soit après le traitement radiothérapique de neuf femmes porteuses de fibromes de l'utérus, l'une d'elle a eu deux grossesses.

Observation I. — Mme W..., 42 ans, adressée par le professeur Faure. Depuis février 1915, pertes qui durent 18 jours avec de volumineux caillots. Début du traitement 8 juin 1916. 14 séances faites jusqu'au 21 juillet, date à laquelle les règles devaient apparaître. L'absence des règles nous fait arrêter le traitement et le 18 septembre, la malade est envoyée dans le service du Dr Bonnaire à la Maternité, lequel constate qu'elle est enceinte. Au commencement d'avril 1917 Mme W... accouche d'une fille normalement constituée. Les suites de couches sont normales.

Observation II. — Mme L..., 33 ans, adressée par le professeur Faure. Ménorragies, caillots, douleurs lombaires. Début du traitement : 12 octobre 1916. Le 24 novembre, règles normales, pas de caillots, durée 3 jours. Le 24 décembre et le 24 janvier pas de règles. Le total des séances à ce jour est de 15. Les règles n'étant pas apparues le 9 mars, la malade est adressée à la Maternité, le Dr Bonnaire constate une grossesse.

(¹) Séance du 11 juin 1923.

(²) Maxime Ménard et Charles Delval, *Action des rayons X sur les fibro-myomes de l'utérus chez la femme* (*Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 1068).

Accouchement normal d'un garçon le 25 juillet 1917. Suites de couches normales. Mère et enfant revus en décembre 1919 en bon état de santé.

Observation III. — Mme M..., 32 ans, adressée par le professeur Faure. Règles irrégulières, douleurs lombaires, caillots, durée de 10 à 15 jours. Le 4 septembre 1918, début du traitement. Le 29 janvier 1919 (19 séances) plus de douleurs, règles normales (4 jours). Séances tous les 15 jours. Le 4 juin, règles normales. Le 6 août (33e séance) pas de règles. Le 10 septembre, après 35 séances, arrêt du traitement. Adressée à la Maternité, le Dr Potocki diagnostique une grossesse. Accouchement normal en avril 1920. Suites de couches normales. Mère et enfant revus en septembre 1920 en bonne santé.

Observation IV. — Mme R..., 33 ans, adressée par le Dr Schwartz. Règles durent au minimum 10 jours avec ménorragies. Le 12 juin 1920 la malade a 38 séances de radiothérapie. Les règles durent 5 jours, pas de caillots. Juillet, août et septembre, pas de règles. La 47e et dernière séance a lieu le 9 octobre. Adressée à la Maternité, le Dr Potocki confirme qu'il s'agit d'une grossesse. Accouchement normal d'un garçon le 12 mars 1921. Mère et enfant vus en octobre 1921 et en mai 1922 sont en bonne santé.

Observation V. — Mme Hi..., 35 ans, adressée par le Dr Manson. Règles irrégulières, abondantes, durée 10 à 15 jours, caillots. Première séance le 10 novembre 1919. Fin janvier, février et mars 1920 pas de règles. Le 24 mars, la malade a eu la 16e séance. Adressée au Dr Manson qui constate une grossesse. En septembre 1920 accouchement normal. Suites de couches normales. Mère et enfant revus en février 1922 sont en bonne santé.

Observation VI. — Mme Hu..., adressée par le Dr Manson. Règles irrégulières et très abondantes, durée de 5 à 12 jours, douleurs et caillots. Séances de radiothérapie du 15 janvier au 13 juin 1918, au total 35 séances. Les règles durent de 5 à 6 jours et ne sont plus douloureuses, la malade peut circuler normalement. En décembre 1918 arrêt des règles, en mars le diagnostic de grossesse est établi, en avril petits écoulements de sang qui ne durent que quelques heures à chaque fois et à plusieurs jours de distance. Le 7 août 1919, la malade accouche d'une petite fille (7e mois de la grossesse) dont le poids n'est que de 1kg,520. L'enfant a pu être élevé lorsque, en février 1920, il prend la coqueluche et meurt des suites d'une broncho-pneumonie.

Depuis l'accouchement, la malade est réglée régulièrement. En mai 1920 arrêt des règles, en août le diagnostic de grossesse est confirmé et en janvier 1921 la malade accouche d'une petite fille, née à terme, dont le poids est de 3kg,500. La malade revue fin janvier 1922 nous déclare qu'elle est toujours réglée régulièrement et qu'elle se porte très bien ainsi que son enfant.

Observation VII. — Mme Le B..., 29 ans, adressée par le Dr Labey. Règles très abondantes avec caillots, durées, 8, 10 et 15 jours. Traitement commencé le 7 octobre 1920. Vu le mauvais état général de la malade nous décidons de faire les applications de rayons X à la fois sur les ovaires et sur l'utérus. Le 18 février 1921, 17 séances ont été faites sur l'utérus et le même nombre sur chaque ovaire. A partir de cette date les caillots disparaissent, mais les règles durent encore de 8 à 10 jours. Nous continuons l'irradiation sur l'utérus seul, 26 séances sont faites jusqu'au 30 août 1920. A partir de cette date, la malade est réglée régulièrement, la durée ne

dépasse pas 5 jours. Revue en novembre 1921, Mme Le B... est toujours réglée régulièrement. En septembre 1922 la malade est enceinte, adressée au professeur Brindeau qui, à partir de février 1922, surveille la marche de la grossesse qui est normale. Accouchement prochain.

Observation VIII. — Mme C..., 27 ans, adressée par le Dr Labey. Deux grossesses, la dernière en 1917. Depuis cette grossesse, règles de plus en plus irrégulières, pertes durent quelquefois deux mois, nombreux et volumineux caillots, mauvais état général.

Le 23 novembre 1920, jour où cette malade nous est adressée, les pertes durent depuis le 15 octobre.

Début du traitement 23 novembre 1920, irradiation de l'utérus seul, séances tous les quatre jours jusqu'au 18 janvier 1921 (17e séance). A cette date plus de caillots, les règles normales, on ne fait qu'une séance par semaine. Le 19 avril (29e séance) les règles ayant continué d'être normales, la malade est mise au repos 2 mois; revue le 28 juin, elle continue d'être réglée normalement. Le 26 juillet, pas de règles; le 28 octobre, adressée à la clinique Tamier, le diagnostic de grossesse est confirmé. En avril 1922, accouchement normal. Revus en septembre 1922, la mère et l'enfant se portent bien.

Observation IX. — Mme G..., 29 ans, adressée par le docteur Labey. Du 2 mai 1921 au 5 août, 14 séances de radiothérapie ont été faites. La malade n'est plus réglée, nous continuons les séances jusqu'au 14 octobre, date à laquelle l'existence de la grossesse est confirmée. La malade a eu au total 21 séances. L'accouchement a eu lieu à la Maternité le 8 avril 1922. Mère et enfant revus en 1923 en bonne santé.

Ces observations montrent que le traitement des fibromes de l'utérus par les rayons X n'exige pas toujours pour être mené à bien la stérilisation des ovaires.

L'irradiation de l'utérus seul permet, en effet, d'obtenir la dégénérescence du fibrome tout en respectant l'architecture de l'utérus et celle de l'ovaire.

Chez les femmes jeunes, âgées de moins de 40 ans, nous appliquons de préférence cette technique qui leur permet, le cas échéant, de mener à bien une grossesse. Nous ajoutons encore que la plupart de ces malades ont continué d'être irradiées pendant les premiers mois de leur grossesse et qu'aucune complication immédiate ou tardive n'est survenue concernant la mère ou l'enfant. Enfin, dans certains cas (Observation VII), il est permis d'irradier alternativement l'utérus et les ovaires, sans pour cela compromettre la valeur fonctionnelle de ces derniers.

Ces différents résultats sont une preuve que le traitement des fibromes par les rayons X est sans aucun danger pour les malades, et que, dans certains cas, il exige un nombre de séances assez élevé.

PHARMACODYNAMIE. — *Action pharmacodynamique du principe insecticide des fleurs de pyrèthre.* Note (¹) de MM. J. **Chevalier** et **Fernand Mercier**, présentée par M. J. Breton.

L'action toxique du *Chrysanthemum cinerarifolium* et des espèces voisines sur les animaux inférieurs est connue depuis de longues années et motive son emploi comme insecticide, mais ce mode d'action n'est encore qu'incomplètement élucidé.

On discute encore sur l'identité de son principe toxique; des essais pratiqués par l'un de nous, sur des fleurs fraîches et sèches, ont permis de reconnaître que le pouvoir insecticide ne pouvait être attribué ni à l'alcaloïde ni au glucoside qu'elles renferment, mais à une oléo-résine constituée par un éther, très facilement saponifiable, dont l'acide, mis en liberté, est encore actif, mais à un degré moindre.

Cet éther incristallisable peut être extrait des fleurs et de la plante entière par l'alcool à froid et séparé des cires, résines et autres impuretés par reprises à l'éther et à l'éther de pétrole; il est insoluble dans l'eau et a été expérimenté en émulsions gommeuses.

Ce corps est toxique pour les animaux à sang froid, beaucoup moins pour les animaux à sang chaud, inoffensif pour l'homme.

Son action sur le muscle le rapproche beaucoup de celle de la vératrine, mais celle sur les autres appareils permet de la différencier nettement, et de plus sa toxicité et son pouvoir irritant local sont beaucoup moindres.

Injecté chez la grenouille à la dose de 1^{mg} par gramme, il détermine rapidement de l'agitation avec mouvements et sauts incoordonnés; on observe ensuite des secousses fibrillaires dans les extrémités postérieures, puis des secousses tétaniques avec rigidité, comme avec la strychnine mais moins prononcée et persistante, puis enfin de la paralysie progressive; la grenouille est inerte et flasque et meurt en moins d'une heure; le cœur continue à battre lentement et s'arrête en diastile au bout de 3 heures environ.

Les mouvements observés chez la grenouille intoxiquée dénotent déjà des troubles profonds dans sa motricité, mais l'étude de la contraction musculaire sous l'influence de l'excitation électrique du muscle, soit directement, soit par l'intermédiaire de son nerf, permet de constater et d'analyser les modifications profondes de l'excitabilité de la fibre musculaire.

La puissance de la contraction musculaire est considérablement augmentée, souvent plus que doublée. Sa courbe ascendante est étalée et la contraction est plus lente que

(¹) Séance du 28 mai 1923.

normalement; le relâchement est toujours lent, même après section du nerf moteur, il n'est jamais complet et il s'opère en plusieurs temps avec plateaux successifs. Les courbes de contraction sont identiques, soit par excitation du nerf, soit par excitation directe du muscle.

La période d'excitation latente est sensiblement la même qu'à l'état normal. A la période de paralysie, l'excitabilité diminue et le tracé musculaire se rapproche du tracé normal.

L'excitabilité nerveuse augmente pendant la première partie de l'intoxication, puis s'éteint progressivement et disparaît avant l'excitabilité du muscle. La réflectivité est exagérée pendant toute la période convulsive.

Les modifications de la courbe musculaire sont dues à l'action de la substance sur la fibre et la patte, préservée par la ligature en masse de la cuisse, répond à l'excitation électrique par un tracé normal.

Chez la grenouille, le muscle cardiaque est également touché, et pendant la phase d'excitation on constate de la contracture systolique, avec intermittences et arrêts passagers, puis le cœur se régularise et se ralentit progressivement jusqu'à son arrêt.

L'action sur le système nerveux se traduit par de l'hyperexcitabilité bulbo-médullaire, puis par de la paralysie.

Chez le chien, après injection intra-veineuse de doses fortes ($0^g,10$ par kilogramme), on constate une excitation du centre respiratoire et des centres vaso-moteurs avec dyspnée et augmentation de la tension sanguine, et une exagération de la réflectivité médullaire avec convulsions passagères.

Le principe toxique des fleurs de pyrèthre se comporte donc comme un poison musculaire se rapprochant de la vératrine et déterminant la mort des animaux à sang froid par paralysie d'origine centrale. Cette paralysie s'établit d'autant plus rapidement que les animaux sont moins élevés dans la série animale.

Étant donnée l'action tonique exercée sur les insectes par cette substance, il serait désirable que son emploi fût propagé en agriculture au lieu et place des arsénicaux et sels de plomb toxiques pour l'homme.

A 15^h45^m, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16^h15^m.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 25 JUIN 1923.

PRÉSIDENCE DE M. ALBIN HALLER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE. — *Sur la détermination des faibles diamètres par la méthode interférentielle.* Note de M. **Maurice Hamy.**

Dans une Communication précédente (¹), consacrée à l'étude des franges qui prennent naissance au foyer d'une lunette dont l'objectif est recouvert d'un écran dans lequel sont pratiquées deux fentes égales et parallèles, de largeur a, et dont les centres sont placés à la distance l, j'ai montré que la considération des variations d'intensité du maximum central, lorsqu'on fait varier l, est insuffisante pour fournir des indications sur la valeur du diamètre angulaire de la source, supposée homogène et circulaire.

L'évanouissement des deux minima, enserrant le maximum central, qui correspond à un phénomène physiquement observable, est, au contraire, susceptible de fournir la valeur du diamètre ε, à condition de connaître la relation exacte existant entre ε et la distance l qui provoque leur disparition.

Cette relation, qui se réduit à

$$\varepsilon = 1,22 \frac{\lambda}{l},$$

lorsque la largeur des fentes est négligeable, par rapport à la distance l de leurs centres, ne peut s'établir simplement dans le cas général. La présente Note a pour objet d'aborder l'étude de la question.

Soit θ la distance angulaire, dans le sens de l'écartement des fentes, d'un

---

(¹) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 1123.

point P du champ de la lunette à l'image du centre de la source. Appelant λ la longueur d'onde des radiations qui ont accès dans l'œil de l'observateur et faisant

$$\tau = \frac{2\theta}{\varepsilon}, \qquad \frac{a}{l} = \alpha, \qquad m = \pi \frac{l\varepsilon}{\lambda},$$

l'intensité lumineuse au point P est, comme on l'a déjà dit antérieurement, proportionnelle à l'intégrale

$$(1) \qquad I = 2\int_{-1}^{+1} \sqrt{1-u^2}\left[\frac{\sin m\alpha(u-\tau)}{m\alpha(u-\tau)}\right]^2 \cos^2 m(u-\tau)\,du.$$

Posant

$$2m\tau = x,$$

$$S(m) = \frac{4}{\pi}\int_0^1 \sqrt{1-u^2}\cos 2mu\,du; \qquad T(m) = \frac{4}{3\pi}\int_0^1 (1-u^2)^{\frac{3}{2}}\cos 2mu\,du$$

et supposant d'abord α très petit, on trouve, en développant I suivant les puissances de α et négligeant α^4,

$$(2) \quad \frac{2}{\pi} I = 1 + S(m)\cos x - \frac{\alpha^2}{6}\left[\frac{x^2}{2} + \frac{m^2}{2} + \left\{\frac{S(m)}{2}x^2 + 2m^2 S(m) - 6m^2 T(m)\right\}\cos x - 4m^2 T(m)\,x\sin x\right].$$

Les valeurs numériques des fonctions $S(m)$ et $T(m)$, pour diverses valeurs de m, sont d'ailleurs fournies par des tables insérées dans ma précédente Communication. La plus petite racine positive de $S(m)$, d'après ces tables, est

$$m = m_1 = 1,916.$$

Les conditions de disparition des deux minima qui enserrent le maximum central sont identiques à cause de la symétrie des franges. Il suffit donc de s'occuper du minimum, correspondant à la racine de la dérivée $\frac{\partial I}{\partial x}$ qui se réduit à $x = \pi$, lorsque α tend vers zéro. Cette racine, quand α possède une très petite valeur, se déplace lorsque m croît à partir de zéro. Le minimum mobile qui lui correspond ne vient d'ailleurs à aucun moment en coïncidence avec le maximum central, ainsi qu'il résulte de ma précédente Communication. Le minimum ne pouvant disparaître que si la racine devient double, pour une valeur convenable $m = \mu_1$, la valeur limite $x = \xi$ de cette racine et la valeur $m = \mu_1$ elle-même, font partie des solutions communes aux deux équations $\frac{\partial I}{\partial x} = 0$, $\frac{\partial^2 I}{\partial x^2} = 0$, en considérant x et m comme les inconnues.

On a d'ailleurs, d'après l'expression (2),

$$(3)\quad \begin{cases} \dfrac{2}{\pi}\dfrac{\partial \mathrm{I}}{\partial x} = -\mathrm{S}(m)\sin x - \dfrac{\alpha^2}{6}\Big[x + x\,|\,\mathrm{S}(m) - 4m^2\mathrm{T}(m)\,|\cos x \\ \qquad\qquad - \Big\{\dfrac{\mathrm{S}(m)}{2}x^2 + 2m^2\mathrm{S}(m) - 2m^2\mathrm{T}(m)\Big\}\sin x\Big], \\ \dfrac{2}{\pi}\dfrac{\partial^2 \mathrm{I}}{\partial x^2} = -\mathrm{S}(m)\cos x - \dfrac{\alpha^2}{6}\Big[1 + \Big\{(1-2m^2)\mathrm{S}(m) - 2m^2\mathrm{T}(m) - \mathrm{S}(m)\,x^2\Big\}\cos x \\ \qquad\qquad - 2x\,|\,\mathrm{S}(m) - 2m^2\mathrm{T}(m)\,|\sin x\Big]. \end{cases}$$

Je dis que ξ est la plus petite racine positive en x du système et μ_1 la plus petite racine positive en m qui rend $x = \xi$ racine double de $\dfrac{\partial \mathrm{I}}{\partial x}$.

En effet, la racine qui devient double est la plus petite racine positive de $\dfrac{\partial \mathrm{I}}{\partial x}$; donc sa limite, quand elle devient double, doit être la plus petite racine positive du système. Une objection peut être faite à ce raisonnement. Il pourrait arriver que la plus petite racine réelle positive du système provînt de la rencontre de deux racines imaginaires, quand on fait croître m. Dans ce cas, les racines tendraient vers leur limite réelle par des valeurs imaginaires quand m augmente. Or nous établirons que la plus petite racine positive ξ du système est la limite de deux racines réelles, quand m augmente et tend vers la plus petite valeur positive μ_1, pour laquelle ces deux racines se rencontrent.

Égalant à zéro les expressions (3) de $\dfrac{\partial \mathrm{I}}{\partial x}$ et $\dfrac{\partial^2 \mathrm{I}}{\partial x^2}$, faisant passer les termes en α^2, dans les seconds membres, élevant au carré et ajoutant, on reconnaît que $\mathrm{S}(\mu_1)$ est une quantité de l'ordre de grandeur de α^2. Comme $\mathrm{S}(m)$ est nul, pour $m = m_1 = 1{,}916$, on doit en conclure que μ_1 diffère de m_1 d'une quantité de l'ordre de α^2. Il résulte de là : 1° que dans les deux équations précédentes, on peut remplacer m par m_1, dans les coefficients de α^2, puisque l'on néglige α^4, ce qui fait disparaître, dans ces coefficients, les termes dépendant de $\mathrm{S}(m)$ et fait prendre à $\mathrm{T}(m)$ la valeur $\mathrm{T}(m_1) = 0{,}0549$; 2° on a

$$(4)\quad \begin{aligned} \mathrm{S}(\mu_1) &= \mathrm{S}(m_1) + (\mu_1 - m_1)\left[\frac{d\mathrm{S}(m)}{dm}\right]_{m=m_1} + \text{termes en } \alpha^4 \\ &= -4m_1\mathrm{T}(m_1)(\mu_1 - m_1) + \text{termes en } \alpha^4, \end{aligned}$$

d'où

$$(5)\quad \mathrm{S}(\mu_1) = -0{,}421(\mu_1 - m_1) + \text{termes en } \alpha^4.$$

Éliminant α^2 entre les deux équations ainsi simplifiées, on a l'équation

suivante qui détermine ξ :

$$\sin\xi - 2m_1^2 T(m_1)\sin 2\xi - \xi\{\cos\xi - 4m_1^2 T(m_1)\} = 0.$$

On reconnaît aisément que la dérivée du premier membre

$$\sin\xi[\xi + 8m_1^2 T(m_1)\sin\xi]$$

n'a pas d'autres racines réelles que celles du facteur $\sin\xi$, $8m_1^2 T(m_1)$ étant inférieur à 2 et positif. L'application du théorème de Rolle montre ensuite que l'équation à résoudre, dont le premier membre, pour ξ voisin de zéro, peut s'écrire

$$\frac{1}{3}\xi^3[1 + 8m_1^2 T(m_1)] + \xi^5(\ ) + \ldots,$$

cette application, dis-je, fait voir que la plus petite racine positive de l'équation est comprise entre π et 2π, intervalle qui peut d'ailleurs être resserré entre $3\frac{\pi}{2}$ et 2π. On trouve, par des substitutions et par interpolation,

$$\xi = 5,577.$$

Portant cette valeur dans l'une ou l'autre équation $\frac{\partial I}{\partial x} = 0$, $\frac{\partial^2 I}{\partial x^2} = 0$, modifiée comme il a été dit ci-dessus, on en tire

$$\mu_1 = m_1 - 1,15\alpha^2$$

ou

(6) $$\mu_1 = 1,916 - 1,15\alpha^2.$$

Il reste à montrer, pour établir que la valeur $m = \mu_1$ répond à la question, que les deux racines de $\frac{\partial I}{\partial x}$ tendant vers ξ sont réelles, lorsque m tend vers μ_1, par des valeurs inférieures à μ_1. C'est ce qui résulte des considérations suivantes :

Supposons x voisin de ξ, m inférieur à μ_1 et infiniment voisin de μ_1. On peut écrire, si x est racine de $\frac{\partial I}{\partial x} = 0$,

(7) $$0 = \frac{\partial I}{\partial x} = \left(\frac{\partial I}{\partial x}\right)_{x=\xi} + (x-\xi)\left(\frac{\partial^2 I}{\partial x^2}\right)_{x=\xi} + \frac{(x-\xi)^2}{2}\left(\frac{\partial^3 I}{\partial x^3}\right)_{x=\xi}$$

en négligeant $(x-\xi)^3$. Or, on a, en dérivant la seconde expression (5),

$$\frac{2}{\pi}\left(\frac{\partial^3 I}{\partial x^3}\right)_{x=\xi} = S(m)\sin\xi - \frac{\alpha^2}{6}\Big[\xi\{-3S(m) + 4m^2T(m)\}\cos\xi - \Big\{(3-2m^2)S(m) - 6m^2T(m) - \frac{S(m)}{2}\xi^2\Big\}\sin\xi\Big].$$

Pour m suffisamment voisin de μ_1, $\left(\frac{\partial^3 I}{\partial x_3}\right)_{x=\xi}$ a le même signe que $\left(\frac{\partial^3 I}{\partial x^3}\right)_{\substack{m=\mu_1\\x=\xi}}$ et, pour calculer cette expression, on peut remplacer μ_1 par m_1 dans le coefficient de α^2. On n'introduit ainsi qu'une erreur de l'ordre de α^4. On a, en conséquence, $S(m_1)$ étant nul,

$$\frac{2}{\pi}\left(\frac{\partial^3 I}{\partial x^3}\right)_{\substack{x=\xi\\m=\mu_1}} = \sin\xi\, S(\mu_1) - \frac{\alpha^2}{6}[4m_1^2\xi\cos\xi\, T(m_1) + 6m_1^2 T(m_1)\sin\xi].$$

Écrivant, d'autre part, que $x=\xi$, $m=\mu_1$ est solution de $\frac{\partial I}{\partial x}=0$, on a

$$0 = -\sin\xi\, S(\mu_1) - \frac{\alpha^2}{6}[\xi - 4m_1^2 T(m_1)\xi\cos\xi + 2m_1^2 T(m_1)\sin\xi].$$

Éliminant $S(\mu_1)$ entre ces relations, il vient, en observant que $8m_1^2 T(m_1)$ est positif et inférieur à 2,

$$\frac{2}{\pi}\left(\frac{\partial^3 I}{\partial x^3}\right)_{\substack{x=\xi\\m=\mu_1}} = -\frac{\alpha^2}{6}[\xi + 8m_1^2 T(m_1)\sin\xi] < 0.$$

Nous avons donc

$$\left(\frac{\partial^3 I}{\partial x^3}\right)_{x=\xi} < 0.$$

D'autre part, on a

$$\left(\frac{\partial I}{\partial x}\right)_{x=\xi} = \left(\frac{\partial I}{\partial x}\right)_{\substack{x=\xi\\m=\mu_1}} + (m-\mu_1)\left(\frac{\partial^2 I}{\partial x\,\partial m}\right)_{\substack{x=\xi\\m=\mu_1}} + \text{termes en } \alpha^4,$$

les termes négligés étant de l'ordre de α^4, puisque $m-\mu_1$ est de l'ordre de α^2. Or $x=\xi$ et $m=\mu_1$ rendent nul $\frac{\partial I}{\partial x}$, il reste, en conséquence,

$$\left(\frac{\partial I}{\partial x}\right)_{x=\xi} = (m-\mu_1)\left(\frac{\partial^2 I}{\partial x\,\partial m}\right)_{\substack{x=\xi\\m=\mu_1}},$$

et, pour calculer la dérivée partielle dans le second membre, nous devons y négliger les quantités de l'ordre de α^2 qui, multipliées par $m-\mu_1$, deviennent de l'ordre de α^4. On doit donc prendre

$$\frac{2}{\pi}\left(\frac{\partial^2 I}{\partial x\,\partial m}\right)_{\substack{x=\xi\\m=\mu_1}} = -S'(\mu_1)\sin\xi = 4\mu_1 T(\mu_1)\sin\xi = 4m_1 T(m_1)\sin\xi,$$

en négligeant α^2.

Cette expression montre que

$$\left(\frac{\partial^2 I}{\partial x\,\partial m}\right)_{\substack{x=\xi\\m=\mu_1}} < 0,$$

et, par suite,

$$\left(\frac{\partial I}{\partial x}\right)_{x=\xi} > 0 \quad (\text{pour } m < \mu_1).$$

Revenons maintenant à notre équation (7) $\frac{\partial I}{\partial x} = 0$, du second degré en $x-\xi$. Le terme indépendant de $x-\xi$ est positif, le terme en $(x-\xi)^2$ négatif. L'équation a, par suite, ses racines réelles et de signes contraires, comme on l'avait annoncé.

De plus, avant que m atteigne la valeur μ_1, à la plus petite racine x correspond un minimum et à la plus grande un maximum. Le minimum disparaît au moment de sa rencontre avec le maximum.

La théorie qui précède fait connaître le mécanisme auquel obéit la disparition des deux minima comprenant le maximum central lorsque la distance des fentes progresse et atteint une valeur convenable. Mais la relation obtenue entre ε et la distance l qui correspond à leur évanouissement ne peut être considérée comme valable que si α est très petit, parce que les coefficients des puissances de α négligées, dans le développement (2) de I, sont fonction de puissances entières de x qui augmentent rapidement avec l'exposant, lorsque x prend la valeur $\xi = 5{,}577$. En conséquence, l'approximation peut devenir assez vite illusoire si cette restriction n'est pas observée. Vu la complication des calculs algébriques, une discussion numérique très laborieuse, dirigée comme nous allons l'indiquer, s'impose pour étudier la question dans le cas général.

On peut écrire l'expression (1) de la façon suivante :

$$4I = \int_{-1}^{+1} \sqrt{1-u^2}\, \frac{\left\{\begin{array}{c} 2 - \cos 2m(\alpha+1)(u-\tau) - \cos 2m(\alpha-1)(u-\tau) \\ + 2\cos 2m(u-\tau) - 2\cos 2m\alpha(u-\tau) \end{array}\right\}}{m^2\alpha^2(u-\tau)^2}\, du.$$

On en déduit, en développant les lignes trigonométriques,

$$0 = \frac{\partial I}{\partial \tau} = \sum_{p=0}^{p=\infty} (-1)^p \frac{2 - (\alpha+1)^{2p+4} - (\alpha-1)^{2p+4} - 2\alpha^{2p+4}}{(2p+3)(2p+4)\alpha^2}\, m^{2p} \sum_{q=1}^{q=p+1} \frac{(2\tau)^{2q-2}}{\Gamma(2q)\Gamma(p+q+2)\Gamma(p-q+3)},$$

$$0 = \frac{\partial^2 I}{\partial \tau^2} = \sum_{p=0}^{p=\infty} (-1)^p \frac{2 - (\alpha+1)^{2p+4} - (\alpha-1)^{2p+4} - 2\alpha^{2p+4}}{(2p+3)(2p+4)\alpha^2}\, m^{2p} \sum_{q=1}^{q-p+1} \frac{(2\tau)^{2q-2}}{\Gamma(2q-1)\Gamma(p-q+2)\Gamma(p-q+3)}.$$

Le problème à résoudre est de trouver la plus petite valeur positive de m et la plus petite valeur de τ vérifiant simultanément ces équations. Ce système de valeurs se réduit d'ailleurs, comme l'a établi la théorie déve-

loppée ci-dessus, à

$$m = \mu_1 = 1,916 - 1,15\alpha^2,$$
$$2\tau = \frac{\xi}{1,169} = 2,911,$$

lorsque α est très petit.

Prenant ces valeurs comme point de départ, pour α petit $\left(\text{par exemple pour } \alpha = \frac{1}{10}\right)$, et substituant des valeurs voisines dans les équations, on trouvera les inconnues en cherchant, par interpolation, les nombres satisfaisant aux équations.

Prenant ensuite α un peu supérieur et adoptant comme valeurs approchées de μ_1 et de 2τ la solution obtenue ci-dessus, on opérera de même pour déterminer les nouveaux nombres satisfaisant aux équations, et ainsi de suite.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Seconde Note sur la vitalité des feuilles d'*Aucuba *conservées dans le vide.* Note de MM. **P.-A. Dangeard** et **Pierre Dangeard.**

Nous donnons dans cette Note la suite de nos observations sur la vitalité des feuilles d'*Aucuba* conservées dans le vide.

Quatre tubes nous avaient été confiés par M. Maquenne, notre confrère, lequel, en collaboration avec M. Demoussy, avait découvert la curieuse propriété que possèdent ces feuilles de conserver, dans un vide relatif, leur couleur verte et leur activité respiratoire.

Le premier tube, ouvert dans le courant du sixième mois, nous avait montré une feuille ayant conservé vivantes toutes ses cellules : aucune différence importante n'avait pu être décelée entre la structure de cette feuille et celle des feuilles ordinaires restées sur l'arbuste [1].

Le second tube a été examiné à la fin du mois de mai dernier : la feuille était donc en expérience depuis un an : alors que les feuilles contemporaines de celle-ci sont arrivées à la fin de leur existence, se détachent du rameau et se dessèchent rapidement, il en est tout autrement de la feuille conservée dans le vide.

---

[1] P.-A. Dangeard et Pierre Dangeard, *Sur la vitalité des feuilles d'*Aucuba *conservées dans le vide* (*Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 49).

Il nous a été facile de constater que cette feuille, restée d'une belle couleur verte, ne présente pas de différence appréciable avec celle qui a été étudiée au bout du sixième mois : la vitalité des cellules n'a pas diminué : on peut y suivre facilement les mouvements étendus des sphérosomes et des petits globules d'huile dans la circulation cytoplasmique, surtout à l'intérieur des longues cellules épidermiques qui recouvrent les nervures : toutes les cellules sont restées très sensibles aux colorants vitaux, tels que le rouge neutre et le bleu de crésyl : les chloroplastes sont en excellent état, plus ou moins homogènes et très fortement colorés par la chlorophylle.

En résumé, la feuille d'*Aucuba* n'a aucunement souffert d'être isolée de son rameau : elle mène depuis un an une vie indépendante sans qu'aucune de ses fonctions soit entravée ou ralentie : cette vie indépendante a été avantageuse pour elle, au point de vue de sa longévité et de sa vitalité, puisque les feuilles du même âge restées sur l'arbre commencent depuis plusieurs semaines à se dessécher et à tomber sur le sol : les deux tubes qui restent en expérience permettront de se rendre compte des limites extrêmes de cette longévité ainsi prolongée dans des conditions artificielles.

Notons que le vide, s'il favorise cette longue durée de la feuille, n'est pas indispensable : il suffit, d'après nos constatations s'étendant sur une période de 7 mois, d'une atmosphère confinée, pourvu que la feuille soit mise à l'abri de la dessiccation, au moyen de quelques gouttes d'eau déposées au fond des tubes en observation.

Pour que la vie puisse être ainsi prolongée, il n'est pas nécessaire que la feuille soit entière ; nous en avons eu la preuve tout à fait fortuitement : c'est ainsi, que dans un de ces derniers tubes préparés en novembre dernier, la feuille avait été envahie progressivement à partir du pétiole par un champignon ; on suivait facilement la progression du parasite au noircissement intense de la partie attaquée. A un moment donné, pour une cause ignorée, l'action du parasite, qui jusque-là avait été rapide, a cessé complètement ; la portion supérieure de la feuille, restée indemne sur une longueur de quelques centimètres, continue depuis environ 4 mois de vivre normalement.

On est conduit ainsi à penser que ce qui est vrai pour un groupe de cellules, le serait également pour une seule cellule de la feuille, si elle était isolée avec les précautions convenables : il serait intéressant de chercher les moyens d'en faire la souche d'une plante nouvelle, au même titre que les spores, les œufs ou les propagules.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur le déterminisme de la formation des conidies chez le* Sterigmatocystis nigra. Note de M. **Marin Molliard.**

L'objet de cette Note est de préciser la manière dont la formation des spores est liée chez une Mucédinée à la composition chimique du milieu nutritif. J'ai montré antérieurement que, si l'on abaisse dans de fortes proportions la quantité de potassium mise à la disposition du *Sterigmatocystis nigra*, la culture reste indéfiniment stérile. Le milieu normal qui m'a servi de témoin dans ces expériences diffère un peu de celui de Raulin; il a la composition suivante :

Eau	150^{cm^3}
Saccharose	7^g
AzO^3AzH^4	0,534
PO^4KH^2	0,142
$SO^4Mg + 7H^2O$	0,061
$SO^4Fe + 7H^2O$	0,007
$SO^4Zn + 7H^2O$	0,007

Il a en particulier l'avantage sur celui de Raulin, pour les études que nous avons en vue, que l'azote, le phosphore, le potassium et le magnésium ne sont fournis chacun que sous la forme d'une seule combinaison.

Si donc nous réduisons la teneur en phosphate monopotassique au $\frac{1}{100}$ de la valeur précédente, en ajoutant une quantité convenable de phosphate disodique ($PO^4Na^2H + 12H^2O$) pour rétablir la même teneur en phosphore, nous obtenons un mycélium ne donnant jamais naissance à des conidies; le liquide de culture prend en même temps une couleur jaune d'or très caractéristique, due à la diffusion d'un pigment.

Si la réduction porte au contraire sur le phosphore, la quantité normale de potassium étant maintenue par l'addition de chlorure de potassium, on observe que le mycélium se couvre rapidement de conidiophores noirs; l'absence de potassium paraît donc empêcher la formation des conidies, alors que celle-ci est provoquée par une inanition en phosphore.

Mais il se pourrait que les modifications apportées à la constitution chimique des milieux interviennent d'une autre manière que par l'inanition en potassium; l'addition de phosphate disodique amène d'une part la présence d'un nouvel élément et d'autre part son utilisation pourrait réaliser des conditions de réaction du milieu différentes de celles du milieu normal; j'ai

tenu à préciser ce point et j'ai effectué une série d'expériences destinées à éliminer ces actions secondaires possibles.

Le liquide nutritif de cultures faites en présence d'une dose de potassium réduite au $\frac{1}{100}$ a été, au bout de 10 jours, séparé du mycélium; celui-ci a été mis en contact à deux reprises pendant 15 minutes avec de l'eau pure stérilisée; enfin, j'ai substitué au dernier liquide de lavage soit de l'eau distillée, soit l'une des différentes solutions suivantes :

I.............	AzO^3K	IV............	AzO^3Na
II............	KCl	V.............	NaCl
III...........	CO^3K^2	VI............	CO^3Na^2

Les concentrations d'azotate de potassium étaient telles qu'il était mis à la disposition du mycélium, pour un volume de 150^{cm^3} de liquide, 5, 10, 25, 50 ou 100^{mg} du sel en question; en ce qui concerne le chlorure de potassium, l'azotate et le chlorure de sodium, les concentrations étaient respectivement équimoléculaires des précédentes; quant aux solutions des carbonates neutres de potassium et de sodium, elles étaient telles que leur alcalinité correspondait à 0,5 — 1 — 2,5 — 5 et 10^{cm^3} d'une solution normale.

Au bout de 10 jours on n'obtenait aucune formation de conidies en présence de l'eau distillée et de l'une quelconque des solutions à base de sels de sodium; il est à remarquer qu'en particulier le carbonate neutre de sodium n'avait à cet égard aucune action, alors que ce sel, comme toutes les substances alcalines, détermine une accélération marquée dans l'apparition des conidies quand on le fait agir sur un mycélium développé dans les conditions normales.

Tous les sels de potassium au contraire provoquent l'apparition de conidiophores, et d'autant plus rapidement et avec une intensité d'autant plus grande que la concentration en est plus considérable. C'est donc bien l'absence de potassium qui intervient pour empêcher la production des conidies du *Sterigmatocystis nigra*.

Je me suis demandé incidemment si le métal en question n'agissait que par ses propriétés radioactives, et j'ai effectué une nouvelle série d'expériences de substitution identiques aux précédentes, mais en employant des solutions d'azotate de lithium, de rubidium, de césium, de thorium et d'uranium; en fait, j'ai obtenu des résultats positifs avec le césium et surtout avec le rubidium; mais l'action de ces deux métaux ne paraît se produire que dans la mesure où ils sont associés à du potassium dans les sels employés.

Ainsi une inanition en potassium ne permet pas la formation des coni-

dies chez le *Sterigmatocystis nigra*, alors que celle-ci est réalisée par l'inanition en un autre élément, le phosphore par exemple. Il y a lieu de se demander ce qui se passe lorsqu'on réduit à la fois les deux éléments potassium et phosphore; si nous n'offrons à la Mucédinée qu'une dose en phosphate monopotassique égale au $\frac{1}{100}$ de la dose normale, on constate encore une formation des conidies, bien que sensiblement plus faible qu'en présence d'une dose normale de potassium et d'une dose de phosphore égale au $\frac{1}{100}$ de la dose normale; tout se passe donc comme s'il y avait un excédent de potassium par rapport au phosphore, et cela est dû, vraisemblablement, à ce qu'en fait les substances employées pour réaliser le milieu de culture ne sont pas chimiquement pures, et apportent avec elles suffisamment de potassium pour rompre l'équilibre entre celui-ci et le phosphore, alors que cet équilibre se trouve au contraire approximativement réalisé par le milieu dont j'ai donné plus haut la composition.

On peut rétablir par tâtonnement cet équilibre en faisant se développer le *Sterigmatocystis nigra* sur un milieu où le potassium et le phosphore sont réduits tous deux au $\frac{1}{100}$ de leur dose normale sous forme de phosphate monopotassique et en ajoutant des doses croissantes de phosphore sous forme de phosphate disodique, soit 1, 2, 5, 10 ou 20^{mg} par culture; on constate, dans ces conditions, qu'au bout de 3 jours les trois premières cultures présentent encore des conidies, les spores sont très abondantes en présence de la plus faible dose de phosphate disodique, moins abondantes déjà avec 2^{mg} du sel et très rares dans le troisième cas; les 5^{mg} de phosphate disodique se trouvent donc réaliser sensiblement l'équilibre vis-à-vis de la quantité de potassium présent. Il n'apparaît pas, au contraire, de conidies sur les mycéliums développés en présence de 10 ou de 20^{mg} de phosphate disodique et pour ces deux dernières cultures nous observons la coloration jaune du liquide qui accompagne toujours la stérilité du mycélium provoquée par l'inanition en potassium.

La teneur variable en phosphore se traduit, d'ailleurs, par la formation de masses mycéliennes de valeurs très différentes; elles sont représentées au bout de 3 jours par 260, 326, 551, 655 et 671^{mg}.

Nous devons donc conclure que la formation des conidies est déterminée chez le *Sterigmatocystis nigra* par deux conditions qui doivent être réalisées simultanément :

1° Une *inanition en phosphore*, et je puis ajouter dès maintenant en *l'un quelconque des éléments nutritifs autre que le potassium;*

2° Un *excès de potassium* vis-à-vis de l'élément qui vient à faire défaut.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les métylhepténols tertiaires* (I). *Leur dédoublement cétonique*. Note ([1]) de MM. V. GRIGNARD et R. ESCOURROU.

En dehors même des recherches entreprises pour fixer sa constitution, la méthylhepténone naturelle a donné lieu à d'assez nombreux travaux. Il nous a paru cependant qu'il y aurait encore quelque intérêt à faire une étude d'ensemble de divers groupes de dérivés présentant cet enchaînement fondamental que l'on rencontre chez la plupart des composés terpéniques aliphatiques. Cette étude vient, d'autre part, continuer une série de recherches entreprises depuis longtemps dans le même laboratoire sur les cétones et les aldéhydes incomplets.

Nous avons pris comme point de départ les méthylhepténols tertiaires que l'on obtient par action des organomagnésiens sur la méthylhepténone naturelle.

Le plus simple de ces alcools, le diméthylhepténol (méthylméthylhepténol), a été obtenu pour la première fois, par Barbier ([2]), en faisant réagir l'iodure de méthyle sur la méthylhepténone, en présence de magnésium et il doit être considéré comme faisant époque dans l'histoire des synthèses organométalliques, car il représente la première utilisation pratique du magnésium en Chimie organique.

Enklaar ([3]) prépara plus tard l'éthylméthylhepténol, qui lui servit pour établir la constitution du linalol.

Plus récemment, alors que notre étude était déjà commencée, Helferich et Gehrke ([4]) ont préparé les propyl-, phényl- et benzylméthylhepténol, mais en vue seulement de les transformer, par oxydation, en γ-hydroxyaldéhydes.

Nous avons nous-mêmes préparé tous les alcools précédents et en plus les isopropyl-, butyl- et isoamylméthylhepténol.

Nous avons employé, dans ce but, des méthylhepténones de différentes provenances ([5]) : produit d'hydrolyse du citral par CO^3K^2 à 10 pour 100;

([1]) Séance du 18 juin 1923.

([2]) *Comptes rendus*, t. 128, 1899, p. 110. Cet alcool a été reproduit depuis par Sand et Singer, puis par Harries et Weil, qui paraissaient ignorer la synthèse de Barbier.

([3]) *Rec. Tr. ch. P.-B.*, 1908, p. 415.

([4]) *D. ch. Ges.*, 1921, p. 2640.

([5]) Les matières premières utilisées pour ce travail nous ont été gracieusement offertes par les Établissements Bernard Escoffier fils, de Grasse et Lyon, que nous sommes heureux de pouvoir remercier ici.

composé naturel séparé directement de l'essence de Lemon-grass par distillation fractionnée, sous pression réduite; et surtout résidus de la fabrication de la pseudoionone. Ces différents produits, à la vérité, ne sont pas absolument identiques, ce sont des mélanges en proportions variables des deux formes (α) et (β) :

$$(\alpha) \qquad CH^2 = \overset{\displaystyle CH^3}{\overset{|}{C}} - CH^2 - CH^2 - CH^2 - CO - CH^3$$

et

$$(\beta) \qquad CH^3 - \overset{\displaystyle CH^3}{\overset{|}{C}} = CH - CH^2 - CH^2 - CO - CH^3$$

mais dans lesquels prédomine toujours fortement la forme (β). Nous reviendrons d'ailleurs dans une prochaine Note sur l'étude de ce mélange.

Les réactions ont été conduites selon la technique classique ([1]) et nous ont fourni les alcools prévus avec des rendements généralement très satisfaisants. Ce sont des liquides incolores, d'odeur agréable mais peu accentuée.

Au-dessus des alcools on trouve fréquemment, en petite quantité, un liquide jaunâtre, bouillant à 163°-164°, sous 12^{mm}, et possédant la formule $C^{16}H^{26}O$. C'est vraisemblablement le produit de condensation de deux molécules de méthylhepténone avec élimination de H^2O, et comme il donne une combinaison bisulfitique cristallisée, sa constitution doit être la suivante en ne tenant compte que de la forme (β) :

$$(CH^3)^2C = CH - CH^2 - CH^2 - \overset{\displaystyle CH^3}{\overset{|}{C}} = \overset{\displaystyle CH^2CH = C(CH^3)^2}{\overset{|}{C}} - CO - CH^3.$$

Dans la série grasse, des alcools précédents ne montrent, pour les premiers termes, qu'une faible tendance à la déshydratation, mais celle-ci va en augmentant avec le poids moléculaire. Le phénylméthylhepténol se déshydrate facilement par distillation, même dans le vide, en présence d'une trace d'acide; le benzylméthylhepténol est beaucoup plus résistant.

D'une manière générale, ces alcools ne se déshydratent convenablement, pour donner des diènes, que sous l'influence de déshydratants assez énergiques dont le meilleur est l'acide métaphosphorique, employé en gros

---

([1]) On trouvera les détails de ce travail dans un Mémoire d'ensemble qui sera publié ailleurs (voir Thèse Escourrou, Lyon, 1922).

excès, pour éviter, au cours de l'opération, la prédominance de l'acide pyrophosphorique qui catalyse la cyclisation.

Au contraire, si on les chauffe vers 150°, avec de l'acide oxalique anhydre, il y a simultanément déshydratation et cyclisation et l'on obtient des cyclogéraniolènes. Seul le phénylméthylhepténol fait exception.

Ces différents hydrocarbures, dont le premier terme seulement, dans chaque série, était connu [1], feront l'objet d'une autre Note.

L'éthérification par l'anhydride acétique est rendu difficile pour les termes élevés soit par leur déshydratation, soit par le phénomène du *dédoublement cétonique*.

On sait depuis longtemps que certains alcools secondaires ou tertiaires, dans lesquels la fonction alcoolique est voisine d'un autre groupement suffisamment négatif, sont susceptibles, sous de faibles influences, de se dédoubler, par élimination de l'hydrogène fonctionnel avec le radical négatif, et formation simultanée d'un aldéhyde ou d'une cétone.

Par exemple, l'acide ricinoléique donne, par distillation, l'œnanthol et l'acide undécilénique.

Les acides alcools tertiaires fournissent des exemples nombreux. Ainsi l'acide diatérébique (ou son olide, l'acide térébique) [2] se coupe par chauffage, à 160°, avec de l'eau de baryte, en donnant acétone et acide succinique.

Quand on fait réagir CH^3MgI sur le diméthylacétylacétate d'éthyle [3], on n'obtient pas l'éther alcool tertiaire correspondant, mais ses produits de dédoublement.

Les acides paraconiques de Barbier et Locquin [4], les alcools α-trichlorés [5] présentent des phénomènes analogues, etc.

Dans d'autres cas, le radical qui s'élimine est simplement un noyau hydrocarboré négatif. Ainsi Ch. Courtot [6] a observé la coupure du diméthylbenzofulvanol en acétone et indène.

Mais, en outre, Mme Ramart-Lucas [7] a montré que les alcools tertiaires du type ci-dessous, dans lesquels R_1, R_2, R_3 sont les radicaux les plus simples, CH^3, C^2H^5 se dédoublent par distillation, à la pression ordinaire, en

$$(R_1)(R_2)(R_3)C - C(OH)(Ar_1)(Ar_2) \rightarrow (R_1)(R_2)(R_3)CH + Ar_1\,CO\,Ar_2.$$

(1) HARRIES et WEIL, *D. ch Ges.*, 1904, p. 845.

(2) PROST, *Lieb. Ann.*, t. 226, 1884, p. 363.

(3) GRIGNARD, *Ann. de Chim. et de Phys.*, t. 27, 1902, p. 548. — Leroide (*Thèse de Paris*, 1921) a signalé des cas analogues.

(4) *Bull. Soc. chim.*, 1911, p. 717.

(5) Voir *Thèse*, P. Hébert, Nancy, 1919.

(6) *Thèse de Nancy*, 1915, p. 56.

(7) *Ann. de Ch. et de Phys.*, t. 30, 1913, p. 373.

Ceci montre que l'instabilité du radical qui se détache peut être conditionnée simplement par son degré de substitution.

Le cas qui nous occupe se distingue assez nettement des précédents et même du dernier. La coupure de nos méthylhepténols tertiaires se réalise, en effet, d'après le mécanisme suivant :

$$(CH^3)^2C=CH-CH^2-CH^2-\overset{\overset{\displaystyle CH^3}{|}}{C}OH-R \;=\; (CH^3)^2C=CH-CH^2-CH^2-\overset{\overset{\displaystyle CH^3}{|}}{C}O+RH$$

Il y a constamment régénération de la méthylhepténone et élimination du radical introduit par le magnésien, si simple soit-il.

La facilité de ce dédoublement est cependant en relation directe avec la grosseur du radical R et surtout avec son degré de substitution. Très peu sensible avec les deux premiers termes ($R = CH^3$ et C^2H^5), ce phénomène devient nettement manifeste à partir du propylméthylhepténol, quand on distille à la pression ordinaire, et il augmente avec la grosseur du radical primaire.

Quand le radical est secondaire, le dédoublement devient considérable; ainsi l'isopropylméthylhepténol est décomposé pour les trois quarts environ, même dans un bon vide (12^{mm}). On peut penser d'après cela que le ψ-butylméthylhepténol ne serait pas isolable par distillation.

Le phénylméthylhepténol, au contraire, qui se déshydrate si facilement, ne subit nullement le dédoublement cétonique. Mais le benzylméthylhepténol se rapproche déjà des alcools aliphatiques car, par distillation à la pression ordinaire, il donne de la méthylhepténone et du toluène que nous avons pu caractériser par son point d'ébullition et son dérivé dinitré.

Il n'est pas douteux que la cause de ce dédoublement réside dans la double liaison, bien qu'elle soit déjà passablement éloignée (en γ) de la fonction alcool. En effet, si l'on hydrogène ces alcools, ils ne subissent plus d'une façon notable la coupure cétonique.

Nous avons reconnu, enfin, que ces dédoublements peuvent aussi être catalysés : par une trace d'acide sulfurique ou d'alcali, par exemple, et encore par le platine colloïdal lorsqu'on hydrogène ces alcools.

M. Ch. Lallemand fait hommage à l'Académie du *Rapport sur les travaux du Service du Nivellement général de la France de* 1912 *à* 1921 *inclus* qu'il a présenté à la Conférence de Rome en mai 1922.

M. **F.-E. Fournier** fait hommage à l'Académie d'une brochure qu'il vient de publier sous le titre : *Carènes de formes nuisibles ou favorables à leurs grandes vitesses, et résistances de l'eau à leur translation.*

NOMINATIONS.

MM. **Émile Picard**, **Lecornu** et **Kœnigs** représenteront l'Académie à l'inauguration de la statue de *Marc Séguin*, à Annonay, le 10 juillet prochain.

CORRESPONDANCE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Calcul des pôles simples d'une fonction méromorphe*. Note de M. **F.-H. van den Dungen**, présentée par M. E. Borel.

1. Soit $f(\lambda)$ une fonction méromorphe de λ n'admettant que des pôles *simples* en nombre fini ou infini, que nous désignerons, par ordre de module croissant, par $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \ldots, \lambda_n, \ldots$.

On sait que le plus petit pôle se calcule comme suit : soit le développement taylorien de $f(\lambda)$

$$f(\lambda) = a_0 + a_1\lambda + \ldots + a_n\lambda^n + \ldots, \tag{1}$$

on a, puisque a_n est de la forme $\lambda_1^{-n}(A_1 + \varepsilon) + \lambda_1^{-n}A_2 + \ldots$,

$$\lim \frac{a_{n-1}}{a_n} = \lambda_1 \quad \text{et} \quad \lim \lambda_1^n a_n = A_1.$$

On sait aussi que l'on peut trouver le pôle suivant λ_2 en recherchant la limite du rapport de b_{n-1} à b_n, b_i étant défini par

$$b_i = a_i - \lambda_1^{-i} A_1;$$

les pôles se déterminent ainsi de proche en proche.

2. Lorsqu'on veut appliquer la méthode précédente au calcul effectif des pôles, on se heurte à une impossibilité : en effet, le premier pôle λ_1 ne peut être, en général, connu qu'à une certaine approximation et l'erreur faite

sur b_i va en croissant avec l'indice i; on ne peut ainsi trouver de limite pour le rapport de b_{n-1} à b_n.

3. La méthode de calcul *successif* des pôles exige donc la recherche de la valeur exacte des pôles; il y a lieu, au point de vue pratique, de lui substituer une méthode de calcul *simultané*. Formons la suite $a_0^{(1)}, a_1^{(1)}, \ldots, a_n^{(1)}, \ldots$ au moyen de la relation

$$a_n^{(1)} = a_n^2 - a_{n-1} a_{n+1};$$

on a la relation remarquable

$$\lim \frac{a_{n-1}^{(1)}}{a_n^{(1)}} = \lambda_1 \lambda_2.$$

Formons de même la suite $a_0^{(i)}, a_1^{(i)}, \ldots, a_n^{(i)}, \ldots$ au moyen de la relation de récurrence

(2) $$a_n^{(i)} = (a_n^{(i-1)})^2 - a_{n-1}^{(i-1)} a_{n+1}^{(i-1)},$$

il vient, cette fois,

(3) $$\lim \frac{a_{n-1}^{(i)}}{a_n^{(i)}} = (\lambda_1)^i (\lambda_2)^{i-1} \ldots (\lambda_{i-1})^2 \lambda_i \lambda_{i+1}.$$

Ces formules permettent de calculer n'importe quel pôle avec l'approximation désirée.

4. On déduit des formules précédentes d'autres formules en explicitant le calcul des termes $a_n^{(i)}$; on trouve, par exemple,

$$\lim \frac{a_n^3 - 3a_{n-1} a_n a_{n+1} + a_{n-2} a_{n+1}^2 + a_{n-1}^2 a_{n+2}}{a_{n+1}^3 - 3a_n a_{n+1} a_{n+2} + a_{n-1} a_{n+2}^2 + a_n^2 a_{n+3}} = \lambda_1 \lambda_2 \lambda_3,$$

expression dont la généralisation est aisée.

5. L'application des formules que nous venons d'exposer est particulièrement utile dans la recherche des nombres caractéristiques des équations homogènes de Fredholm, puisque le procédé des approximations successives de M. Picard permet de trouver, numériquement ou graphiquement, les termes a_i du développement taylorien correspondant (1); il suffit alors d'opérer sur ces termes les opérations (2) pour calculer les nombres caractéristiques au moyen de (3). On conçoit dès lors le haut intérêt technique de ce mode de calcul qui permet de trouver les vitesses critiques d'un rotor, les pulsations vibratoires d'un arbre, les longueurs d'ondes propres d'une antenne, etc.

GÉOMÉTRIE. — *Sur la congruence des normales à une quadrique.* Note de M. **Gino Fano**, présentée par M. d'Ocagne.

La Note de M. d'Ocagne sur les normales des quadriques à centre le long d'une ligne de courbure ([1]) m'a suggéré quelques remarques complémentaires, visant à mettre en évidence la connexion entre les résultats qui y sont énoncés et les propriétés de la congruence des normales à une quadrique.

La congruence des normales à une quadrique à centre est du sixième ordre et de la deuxième classe ([2]); comme elle est contenue dans un complexe du second ordre (complexe « tétraédral »), les six normales de la surface, passant par un point arbitraire de l'espace, sont génératrices d'un même cône du second degré. La congruence réciproque (2,6) la plus générale a été considérée la première fois par Kummer, et elle est maintenant appelée, d'après Sturm, congruence (2,6) « de seconde espèce ».

La congruence (6,2) des normales à une quadrique à centre a *douze plans singuliers*, dont quatre, les trois plans principaux et le plan à l'infini, contiennent des enveloppes de quatrième classe de droites de la congruence (les courbes enveloppées étant les lieux des centres de courbure des intersections de ces plans avec la quadrique). Les autres huit plans singuliers (qui ne peuvent être réels) sont déterminés par les génératrices isotropes de la quadrique et les tangentes au cercle imaginaire à l'infini (cercle absolu) aux points à l'infini de ces mêmes génératrices; et les droites de la congruence qui y sont contenues forment des enveloppes du second degré, appartenant respectivement aux deux séries ∞^1 de paraboloïdes hyperboliques, formées par les normales aux points des génératrices des deux systèmes ([3]).

Les lignes de courbure de la quadrique donnée Q sont du quatrième ordre et découpées par les quadriques homofocales à Q. Si nous représentons la congruence des normales sur la quadrique Q elle même, en faisant correspondre à chaque point de Q la normale en ce point, les génératrices

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1032.

([2]) Voir par exemple Sturm, *Die Grundgebilde ersten und zweiten Grades der Liniengeometrie in synthetischer Behandlung*, t. 1, 1892, p. 374.

([3]) Les douze plans singuliers de la congruence sont tous des plans doubles de la surface focale (c'est-à-dire ils sont tangents à cette surface le long de coniques). Cette surface, d'ordre 72 et de la quatrième classe, est la surface des centres de courbure de la quadrique donnée.

de Q auront comme surfaces réglées correspondantes les deux séries sus-définies de paraboloïdes; et, comme les lignes de courbure de Q appartiennent totalement au système linéaire qui est le double des sections planes, c'est-à-dire de la somme des deux systèmes de génératrices, il s'ensuit que les normales à Q le long des lignes de courbure formeront des surfaces développables du huitième ordre. Chacune de ces surfaces (que je désignerai par R^8) a, dans chaque plan principal, quatre génératrices (les normales à Q aux points où la ligne de courbure correspondante rencontre la conique, section de Q par ce plan); elle est conséquemment encore coupée par ce même plan suivant une ligne de quatrième ordre, et, plus particulièrement, suivant une *conique double*, car les lignes de courbure de Q et les surfaces R^8 sont symétriques par rapport aux plans principaux. C'est le premier résultat de M. d'Ocagne. (Les R^8 sont d'ailleurs des surfaces développables de la quatrième classe, circonscrites à autant de faisceaux tangentiels de quadriques, dont chacun contient la quadrique homofocale à Q qui y découpe la ligne de courbure considérée.)

L'autre théorème donné dans la Note de M. d'Ocagne, savoir que, dans chaque plan principal, les coniques découpées par les surfaces R^8 appartiennent à un faisceau tangentiel, apparaît maintenant comme une conséquence presque immédiate de la propriété que les huit génératrices isotropes de la quadrique Q sont enveloppées par les lignes de courbure de cette même surface [1]. Il s'ensuit, en effet, que les huit plans singuliers contenant les normales le long des génératrices isotropes sont enveloppées par les surfaces R^8; conséquemment, les coniques découpées par les R^8 sur un plan principal (et aussi sur le plan à l'infini) seront tangentes aux quatre droites découpées par ces huit plans singuliers, deux à deux. Comme ces huit plans sont tangents à la fois à Q et au cercle imaginaire à l'infini, l'une des coniques du faisceau tangentiel nommé est justement l'une des coniques focales de Q [c'est la conique

$$(a^2-c^2)u^2+(b^2-c^2)v^2-1=0$$

de M. d'Ocagne]; elle correspond à la ligne de courbure (imaginaire) découpée sur Q par la surface homofocale infiniment voisine.

Les points à l'infini des génératrices isotropes de la quadrique

$$\frac{x^2}{a^2}+\frac{y^2}{b^2}+\frac{z^2}{c^2}=1$$

---

(1) Voir par exemple D'OCAGNE, *Sur les lignes de courbure des quadriques* (*Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1640).

ayant les coordonnées homogènes

$$a\sqrt{b^2-c^2}, \qquad \pm b\sqrt{c^2-a^2}, \qquad \pm c\sqrt{a^2-b^2},$$

les huit plans que je viens de considérer, et qui passent par les tangentes au cercle absolu en ces points, seront représentés par les équations

$$a\sqrt{b^2-c^2}.x \pm b\sqrt{c^2-a^2}.y \pm c\sqrt{a^2-b^2}.z \pm \sqrt{(a^2-b^2)(a^2-c^2)(b^2-c^2)} = 0;$$

et leurs intersections avec les axes coordonnés, c'est-à-dire avec les axes de Q, sont bien les points $x^2 = \frac{(a^2-b^2)(a^2-c^2)}{a^2}$ etc., déterminés par M. d'Ocagne.

Si, au lieu d'une quadrique à centre, il s'agit d'un paraboloïde, il n'y a pas de différences essentielles. La congruence des normales est du cinquième ordre (si l'on fait abstraction du système des diamètres); et les coniques découpées par les R^8 sur les plans principaux sont des paraboles, ayant le même point à l'infini du paraboloïde donné, et tangentes aux deux droites découpées par les plans singuliers du second ordre, qui sont maintenant au nombre de quatre. Pour le paraboloïde $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 2z$, ces plans sont représentés par les équations

$$\pm a\sqrt{-1}.x \pm by + \sqrt{a^2-b^2}\left(z - \frac{1}{2}\left[a^2+b^2\right]\right) = 0.$$

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la théorie analytique de l'irréversibilité. Les transformations élémentaires isocinétiques.* Note [1] de M. L. **Décombe**, présentée par M. Daniel Berthelot.

1. La Thermodynamique de la réversibilité constitue un ensemble dont la perfection analytique ne laisse rien à désirer.

Pour essayer de soumettre à leur tour les phénomènes irréversibles à la méthode analytique, nous décomposerons le travail extérieur élémentaire $\delta\mathfrak{T}$ effectué dans une transformation réelle quelconque en trois éléments distincts :

1° Le travail réversible $\delta\mathfrak{T}_c$ qui est celui des forces extérieures Q capables d'assurer à chaque instant l'équilibre du système. Il est constamment neutralisé par la portion réversible du travail intérieur.

---

[1] Séance du 11 juin 1923.

2° Le travail $\delta'\mathfrak{E}_n$ des forces φ *qu'il faut ajouter aux précédentes* pour réaliser la même transformation élémentaire *isocinétiquement*, c'est-à-dire avec des vitesses contrôlables constantes. Ce travail est neutralisé à chaque instant et pour chacun des paramètres contrôlables q par la portion irréversible correspondante du travail intérieur.

Or ce dernier possède toujours le caractère d'un travail résistant, c'est-à-dire qu'il s'oppose individuellement à la variation de chaque paramètre contrôlable q. Il résulte de là que *chacune des forces φ possède le même signe que la vitesse correspondante* $\frac{dq}{dt}$.

3° Le travail $\delta''\mathfrak{E}_n$ des forces ψ capables de produire la variation dW de l'énergie cinétique contrôlable, telles, par conséquent, que l'on ait : $\delta''\mathfrak{E}_n = dW$. La relation fondamentale $dW = J\delta Q_n + \delta\mathfrak{E}_n$ (¹) donne alors immédiatement $-J\delta Q_n = \delta'\mathfrak{E}_n$, ce qui fournit l'énoncé suivant :

La chaleur non compensée ($-\delta Q_n$) dégagée dans toute modification élémentaire réelle est équivalente au travail $\delta'\mathfrak{E}_n$ des forces φ qu'il faut adjoindre aux forces Q (susceptibles d'assurer l'équilibre) pour réaliser isocinétiquement la modification élémentaire considérée.

2. Ceci posé si, à un instant quelconque de l'évolution thermodynamique du système, on vient à supprimer la portion accélératrice ψ des forces extérieures, la modification *élémentaire* consécutive à cette suppression s'effectue isocinétiquement. Pendant cette transformation *élementaire*, les forces extérieures restantes (Q, φ) sont respectivement équilibrées par les forces intérieures réversibles et irréversibles, et c'est pourquoi les vitesses contrôlables restent constantes. Mais si, en même temps qu'on supprime les forces ψ, on annule simultanément toutes les vitesses contrôlables, la portion irréversible des forces intérieures s'évanouit et le système se trouve effectivement sollicité par les seules forces φ. Le repos ne peut donc subsister et la variation spontanée de chaque paramètre contrôlable q s'effectue dans le sens de la force correspondante φ, c'est-à-dire dans le sens même de la vitesse $\frac{dq}{dt}$.

Si, pendant ce déplacement spontané, on maintient constantes l'entropie et les forces extérieures (Q, φ), le système tend généralement de lui-même vers une position d'équilibre stable pour laquelle les paramètres contrôlables se trouvent décalés, relativement à leurs valeurs initiales *dans le sens même du mouvement*.

(¹) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1479.

Dans le cas des fluides où il n'existe qu'un seul paramètre q (et plus généralement toutes les fois que le décalage *dans le temps* est le même pour tous les paramètres contrôlables), on obtient l'énoncé suivant :

Les forces extérieures (Q, φ) *capables de produire isocinétiquement une transformation élémentaire donnée se confondent à chaque instant t avec le système de forces qui permettraient de réaliser l'équilibre à un instant ultérieur bien déterminé $t+\tau$, l'entropie conservant la valeur qu'elle possède à l'instant t.*

Cet énoncé ramène le cas de l'irréversibilité à celui de la réversibilité.

3. Un cas particulièrement intéressant est celui des transformations *quasi réversibles*. Nous appellerons ainsi celles dans lesquelles les variations pendant le temps τ des paramètres contrôlables et de leurs dérivées par rapport au temps sont respectivement très petites relativement à ces paramètres et à leurs dérivées.

Conservons notre notation antérieure ([1]) et supposons d'abord remplies les conditions de réversibilité, c'est-à-dire d'équilibre. La demi-force vive contrôlable W étant constamment nulle, les équations de Lagrange relatives aux paramètres contrôlables q se réduisent à

$$-\frac{\partial w}{\partial q} = Q - \frac{\partial U}{\partial q},$$

puisque w n'est pas fonction des q'. Si l'on remplace $-\frac{\partial w}{\partial q}$ par sa valeur $\frac{\partial F}{\partial q}$ tirée du premier groupe des relations (7) et si l'on se rappelle que, par définition, $U + F = \mathfrak{V}$, on obtient les relations

$$Q_1 - \frac{\partial \mathfrak{V}}{\partial q_1} = 0, \qquad Q_2 - \frac{\partial \mathfrak{V}}{\partial q_2} = 0, \qquad \ldots,$$

auxquelles doivent satisfaire, à un instant quelconque, les forces extérieures pour assurer l'équilibre du système. Ces relations permettent de regarder

$$-\frac{\partial \mathfrak{V}}{\partial q_1}, \quad -\frac{\partial \mathfrak{V}}{\partial q_2}, \quad \ldots$$

comme des forces intérieures équilibrant, dans le cas de la réversibilité, les forces extérieures Q_1, Q_2, ...

L'entropie σ étant maintenue constante, les forces Q'_1, Q'_2, ... capables

([1]) *Comptes rendus*, t. 151, 1910, p. 1044.

d'assurer l'équilibre à l'instant $t+\tau$ s'obtiendront en posant

$$Q'_1 = Q_1 + \tau\left(\frac{\partial^2 \mho}{\partial q_1^2}\frac{dq_1}{dt} + \frac{\partial^2 \mho}{\partial q_1 \partial q_2}\frac{dq_2}{dt} + \ldots\right),$$

....

Dans le cas où l'énoncé du paragraphe 2 est applicable, le système des forces (Q') est identique à celui des forces (Q, φ) susceptibles de produire isocinétiquement la modification réelle qu'on observe entre les instants t et $t+dt$. On en déduit

$$\varphi_1 = \tau\left(\frac{\partial^2 \mho}{\partial q_1^2}\frac{dq_1}{dt} + \frac{\partial^2 \mho}{\partial q_1 \partial q_2}\frac{dq_2}{dt} + \ldots\right),$$

d'où aisément

$$\delta' \mathcal{E}_n = \Sigma\, \varphi\, dq = \tau\, (\delta^2 \mho)_\sigma\, dt,$$

l'indice σ signifiant que l'opérateur δ^2 laisse l'entropie constante.

Or $\delta' \mathcal{E}_n$ et dt sont essentiellement positifs et il en est généralement de même de τ. On voit ainsi que *la quantité* $(\delta^2 \mho)_\sigma$ *reste généralement positive pendant toute la durée du mouvement*, résultat que l'on peut obtenir directement en écrivant que le système serait en équilibre *stable* sous l'action des forces extérieures (Q, φ) maintenues constantes ainsi que l'entropie σ.

Dans le cas exceptionnel où cet équilibre serait instable (réaction explosive), τ et $(\delta^2 \mho)_\sigma$ seraient simultanément négatifs.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la décharge à haute fréquence dans les gaz raréfiés.* Note de MM. **C. Gutton**, **S. K. Mitra** et **V. Ylostalö**, présentée par M. G. Ferrié.

Lorsque, pour des recherches sur les oscillations hertziennes amorties, on utilise des tubes à air raréfié, on s'aperçoit immédiatement que la pression, pour laquelle le passage de la décharge est le plus facile, est beaucoup plus élevée qu'en basse fréquence.

Pour la même pression, l'aspect du tube est tout différent. On voit, en particulier, apparaître en face des électrodes une fluorescence verte de la paroi, lorsque la pression n'est pas inférieure à $1^{mm},5$ environ. On obtient des faisceaux cathodiques arrêtés par des obstacles dont ils portent ombre sur la paroi fluorescente, lorsqu'à basse fréquence la colonne positive n'a pas encore complètement disparu dans le tube.

La lampe à trois électrodes ayant permis d'obtenir des oscillations sinu-

soïdales, d'amplitude constante et mesurable jusqu'à des fréquences très élevées, nous nous sommes proposé d'étudier comment varie la différence de potentiel entre électrodes pour laquelle le tube devient lumineux, lorsqu'on change la fréquence de cette différence de potentiel et la pression du gaz. Nos expériences ont été faites jusqu'ici entre la fréquence 50 et la fréquence 2140000 qui correspond à 140^{m} de longueur d'onde; nous essaierons de les continuer jusqu'aux fréquences des oscillations de Hertz.

Nous avons étudié des tubes à électrodes internes et des tubes dont les électrodes sont constituées par des feuilles de papier d'étain collées sur la paroi extérieure du tube. Ces tubes contenaient de l'air sec.

Nous obtenons une différence de potentiel suffisante en réunissant les extrémités d'une bobine, couplée à un oscillateur à trois petites lampes, aux électrodes du tube et en réglant à la résonance cette bobine et l'oscillateur.

Cette différence de potentiel était mesurée par un électromètre idiostatique de très faible capacité construit de la manière suivante :

L'aiguille est une mince feuille d'aluminium rectangulaire de 12^{mm} de longueur et de 5^{mm} de hauteur. Elle est suspendue par un fil de platine de $0^{mm},02$ de diamètre et de 90^{mm} de longueur.

De part et d'autre de l'aiguille et à 10^{mm} de ses extrémités sont disposées les extrémités de deux tiges de cuivre de 2^{mm} de diamètre reliées en elles.

Leur distance est un peu supérieure à la longueur de l'aiguille; celle-ci, en tournant, ne peut donc les toucher et l'on évite ainsi que, pour de grandes différences de potentiel, l'aiguille n'ait plus de position d'équilible stable. Pour une différence de potentiel 780 volts efficaces, entre l'aiguille et les extrémités des tiges qui l'attirent, on obtenait une déviation de 50^{cm} sur une règle disposée à 1^{m} d'un miroir fixé à l'aiguille. Cet électromètre a été gradué en le comparant, à la fréquence 50, avec un voltmètre Siemens.

La fréquence des oscillations est mesurée avec un ondemètre et la pression avec une jauge.

Nous avons tracé, à fréquence constante, les courbes qui représentent, en fonction de la pression, la différence de potentiel efficace entre électrodes pour laquelle le tube s'illumine.

Le réseau des courbes relatives aux diverses fréquences indique comment cette différence de potentiel varie en fonction de la pression et de la fréquence.

Chacune des courbes conserve toujours l'aspect connu de la courbe de Paschen. Lorsqu'on augmente la pression, la différence de potentiel décroît d'abord rapidement, passe par une valeur minimum puis augmente.

Pour les tubes à électrodes intérieures la différence de potentiel minimum et la pression correspondante augmentent avec la fréquence. La forme des courbes change peu et les courbes relatives aux diverses fréquences ne se coupent pas. Elles commencent à se séparer beaucoup aux fréquences supérieures à 300000 ($\lambda = 1000^m$).

Voici, pour un tube de 10^{mm} de diamètre intérieur, dont les électrodes sont deux fils d'aluminium de $1^{mm},2$ de diamètre normaux à l'axe du tube et distants de 18^{mm}, quelques-uns des résultats relatifs à la différence de potentiel minimum v en volts efficaces et à la pression correspondante en millimètres de mercure :

f.	50.	19×10^4.	39×10^4.	142×10^4.	214×10^4.
λ	6000^{km}	1575^m	760^m	210^m	140^m
p	0,60	0,60	0,62	0,70	0,82
v	375	380	398	445	485

Des expériences faites avec un ballon de 8^{cm} de diamètre dont les électrodes sont des plateaux de 1^{cm} de diamètre distants de $1^{cm},2$ ont fourni des courbes de mêmes formes.

Les résultats obtenus sont très différents pour les tubes dont les électrodes sont des feuilles d'étain collées sur la paroi extérieure du tube. Le minimum des courbes à fréquence constante est d'autant moins accentué et l'angle moyen des deux branches de courbe d'autant plus ouvert que la fréquence est plus élevée. Les courbes du réseau se coupent. Enfin, la différence de potentiel qui correspond au passage le plus facile de la décharge ne croît pas constamment avec la fréquence. A partir d'une fréquence qui est voisine de 750000 pour l'un des tubes sur lesquels ont porté nos essais, de la fréquence 1000000 pour l'autre, cette différence de potentiel décroît lorsque la fréquence s'élève.

Nous donnons ci-dessous quelques résultats relatifs à la différence de potentiel minimum et à la pression correspondante.

Tube de 10^{mm} de diamètre intérieur, électrodes extérieures constituées par des anneaux de papier d'étain de 25^{mm} de largeur, dont les bords en regard sont distants de 24^{mm} :

f.	50.	26×10^4.	75×10^4.	97×10^4.	133×10^4.	200×10^4.
λ	6000^{km}	1160^m	400^m	310^m	225^m	150^m
p (millimètres)	0,19	0,32	0,52	1,05	0,98	0,85
v (volts eff.)	344	373	462	400	365	330

Tube de 20^{mm} de diamètre intérieur, électrodes extérieures constituées

par des anneaux de papier d'étain de 10^{mm} de largeur, dont les bords en regard sont distants de 40^{mm} :

f.	$2,5 \times 10^4$.	26×10^4.	46×10^4.	97×10^4.	133×10^4.	214×10^4.
λ (mètres).....	12000	1100	650	310	225	140
p (millimètres)..	0,16	0,19	0,26	0,28	0,36	0,52
v (volts eff.)...	370	380	420	450	442	285

Des réseaux de courbes à fréquence constante fournis par l'expérience, on déduit les courbes qui, à pression constante, représentent la différence de potentiel en fonction de la fréquence.

Pour les tubes à électrodes intérieures cette différence de potentiel augmente toujours avec la fréquence.

Pour les tubes à électrodes extérieures, elle augmente aussi aux très faibles pressions, mais diminue, au contraire, aux pressions élevées; pour les pressions moyennes entre $0^{mm},5$ et $1^{mm},5$, on obtient des courbes qui présentent une ordonnée minimum et par suite indiquent l'existence d'une fréquence pour laquelle la décharge passe le plus facilement.

Pour le premier des tubes décrits ci-dessus la longueur d'onde correspondante décroît de 4000^m à 2000^m environ lorsque la pression varie de $0^{mm},5$ à $1^{mm},5$, pour le second elle reste voisine de 1000^m.

SPECTROSCOPIE. — *Supports colloïdaux pour l'obtention de spectres d'émission de solutions.* Note [1] de M. **Jacques Errera**, présentée par M. A. de Gramont.

L'étude des spectres d'émission de solutions présente de l'intérêt notamment pour l'analyse chimique qualitative et pour la recherche des raies de grande sensibilité, des raies ultimes dont M. de Gramont [2] a établi l'importance.

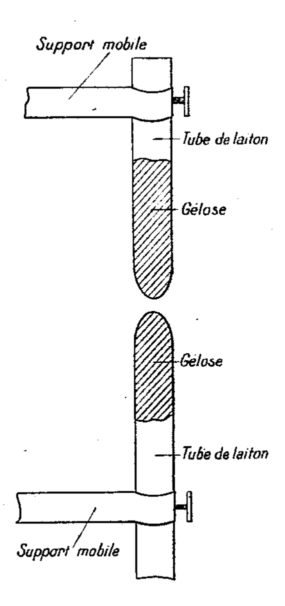
La recherche des raies ultimes est fondée sur le fait de la disparition successive des raies pour des teneurs décroissantes; la facilité avec laquelle on peut diluer systématiquement une solution sans y introduire, comme dans le cas d'un alliage, des quantités croissantes d'un autre élément, incite à mettre sous forme d'ions les corps à étudier.

Dans les premiers dispositifs pour l'obtention des spectres d'émission des

(1) Séance du 18 juin 1923.

(2) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 1025.

solutions, l'étincelle jaillissait entre un fil métallique et la solution. Ils avaient l'inconvénient de donner des raies étrangères dues soit aux électrodes, soit aux impuretés du verre et de ne pas permettre une forte condensation. M. de Gramont en 1907 (¹) conçut un dispositif où l'étincelle éclatait



entre deux gouttes du liquide à étudier, amenées l'une au-dessus de l'autre aux extrémités de deux tubes capillaires en silice. C'est en nous basant sur ce principe de faire jaillir l'étincelle, même fortement condensée, entre deux électrodes formées de la solution elle-même que nous avons employé des supports en gélose.

La caractéristique de notre méthode est de reposer sur la diffusion des ions dans le support et non sur la capillarité. En effet la diffusion des électrolytes dans un gel de gélose se fait à peu près avec la même rapidité que dans l'eau pure.

Pour préparer les supports, on met de la gélose à dialyser pendant environ une semaine dans un courant lent d'eau distillée. Pour hâter la purification, la gélose peut être pressée, comme une éponge, pour en extraire l'eau de gonflement chargée d'électrolytes. La gélose est ensuite mise dans un récipient à fond plat avec la quantité d'eau nécessaire pour faire une solution à 4 pour 100 de produit sec et placée dans un autoclave à 120° pendant

(¹) *Comptes rendus*, t. 145, 1907, p. 1170.

10 minutes. On obtient après refroidissement un gel blanc résistant. Les supports en forme de bâtonnets d'environ 7^{mm} de diamètre et 50^{mm} de long sont extraits à l'emporte-pièce et placés dans un tube à essais contenant la solution à étudier. Au bout de quelques heures les électrolytes ont pénétré, par diffusion, le support de part en part; il est possible aussi qu'une minime quantité d'électrolytes soit fixée par les radicaux acides de la gélose, libérés de leur cation pendant la dialyse. Les électrodes ainsi préparées sont placées dans des porte-électrodes en laiton où aboutit le secondaire du transformateur.

Comme *essais* (1) nous avons recherché par dilutions scccessives les raies ultimes de certains éléments. Nous avons employé un spectrographe Féry à prisme de quartz. Les pellicules étaient sensibilisées à l'huile de vaseline d'après le procédé Duclaux et Jeantet (2).

Éléments.	Concentration limite pour l'observation de u_1.	Raies ultimes.
Argent...........	1/1000000	3280,7 u_1; 3383 u_2; 2437 u_3
Cadmium	1/1000000	2288 u_1
Mercure..........	4,32/10000	2536,5 u_1; 3650 u_2; 4046,6 u_3
Calcium..........	—	3933,7 u_1; 3968,5 u_2; 4226,7 u_3
Magnésium.......	—	2852,1 u_1; 2795,5 u_2; 2882,7 u_3
Cuivre...........	—	3247,5 u_1; 3274 u_2

Le spectre de la gélose seule, pris comme témoin, donne, avec des intensités décroissantes avec la dialyse qu'on lui a fait subir, les trois raies ultimes du calcium et du magnésium, une raie du sodium (3303), les deux raies ultimes de l'argent et du cuivre, qui n'apparaissent qu'après de très longues poses, et certaines bandes de la vapeur d'eau (3064; 3067; 3089) et de l'air (3159; 3371; 3536; 3577).

SPECTROSCOPIE. — *Sur la masse des particules qui émettent le spectre secondaire de l'hydrogène.* Note de M. **Duffieux**, présentée par M. A. de Gramont.

L'hydrogène est susceptible d'émettre, dans la région visible, deux spectres de structure très différente : l'un constitué par la série de Balmer, l'autre très complexe, appelé longtemps spectre de bandes de l'hydrogène,

(1) Ces essais ont été faits en collaboration avec M. R. Massain.

(2) *Journal de Physique*, 6e série, t. 2, n° 5, 1921, p. 154.

et généralement désigné aujourd'hui par le nom de spectre secondaire. L'attribution de ces deux spectres à l'hydrogène est incontestable. Les spectres de bandes étant généralement attribués à des molécules complexes, on attribuait, sans autre raison, la série de Balmer à l'atome H et le spectre secondaire à la molécule H^2.

Au cours d'un travail sur la largeur des raies émises par les gaz, MM. Fabry et Buisson (¹) attribuèrent les deux spectres de l'hydrogène à l'atome. Ils déduisirent la masse des particules lumineuses, de l'ordre limite N des interférences, au moyen de la formule bien connue

$$N = 1,22.10^6 \sqrt{\frac{m}{T}},$$

où T est la température absolue et m la masse des particules dans le système des masses atomiques.

Plus récemment, T. R. Merton (²) a déterminé la largeur des raies de l'hydrogène par une méthode entièrement différente. Il a mesuré la largeur effective de la raie produite par un spectroscope à échelon de grande dispersion. Ces mesures lui ont fait attribuer la série de Balmer à l'atome et le spectre secondaire à la molécule.

Sur la demande de MM. Buisson et Fabry, j'ai repris leurs mesures d'ordre limite d'interférence, sur le spectre secondaire de l'hydrogène.

Les appareils interférentiels dispersifs que j'ai employés étaient ceux que j'ai déjà utilisés pour l'étude des spectres de CO et de N (³). Le tube employé était à larges électrodes à capillaire court, refroidi par un courant d'eau. L'examen était fait en bout. L'hydrogène, obtenu par électrolyse d'une solution de potasse et non desséché, passait sur de la naphtaline afin d'accroître l'éclat du spectre secondaire; le gaz était constamment renouvelé. La densité du courant employé, alternatif ou redressé, n'a jamais dépassé 1 ampère par centimètre carré. J'ai adopté pour température du gaz celle de l'eau.

Dans les régions examinées le spectre était identique à celui produit par l'hydrogène très pur qui est décrit par Merton. Environ trente raies dans l'orangé et le jaune ont été examinées visuellement; le groupe bleu entre les raies H_α et H_β a été étudié par la photographie.

(¹) *Comptes rendus*, t. **154**, 1912, p. 1500.
(²) *Phil. Trans. Roy. Soc.*, t. **222**, 1922, p. 369.
(³) *Comptes rendus*, t. **175**, 1922, p. 159.

Le coefficient numérique de la formule citée plus haut a une valeur un peu arbitraire. Il dépend, en effet, de la plus petite variation relative d'éclat perceptible dans les franges. La visibilité d'un système de franges d'interférence a été définie par Michelson comme la valeur du rapport

$$\frac{\text{éclat max.} - \text{éclat min.}}{\text{éclat max.} + \text{éclat min.}}$$

La valeur limite de ce rapport dépend de la couleur et surtout, dans le cas qui nous occupe, de l'éclat des raies observées. Elle croît rapidement pour les raies d'éclat faible.

La valeur $\frac{1}{40}$ déterminée par Lord Rayleigh est une valeur minimum, correspondant aux conditions les plus favorables, exceptionnellement réalisées. La valeur $\frac{1}{16}$ choisie par MM. Fabry et Buisson a été déduite par eux de l'étude des gaz rares et paraît généralement acceptable pour les raies assez intenses. J'ai obtenu des franges, de visibilité voisine de la limite et pouvant servir d'élément de comparaison, en produisant les interférences avec des étalons de petite épaisseur, munis de lames dont le coefficient de réflexion normale était faible. Pour de telles franges la visibilité peut être calculée. En particulier, avec un étalon à lames de quartz nues, la visibilité, très voisine de la limite, est sensiblement égale à $\frac{1}{12,5}$.

Si l'on introduit dans le calcul du coefficient numérique chacune de ces trois valeurs, les ordres d'interférence qui leur correspondent sont donnés pour l'atome H et pour la molécule H^2 par le Tableau suivant :

Visibilité.	H.	H^2.
$\frac{1}{12,5}$	62000	88000
$\frac{1}{16}$	70500	100000
$\frac{1}{40}$	82000	116000

Dans la région orangée les raies suivantes m'ont donné des franges visibles avec un étalon de 25^{mm} d'épaisseur, l'ordre d'interférence étant 83000 :

6224	6121	6091	6018	5931	5883
6199	6098	6081	5975	5888	5849
6135	6095	6032	5938	5884	

la visibilité était tout à fait comparable à celles des franges des lames de quartz. Les raies 6121 et 6018 m'ont donné des interférences jusqu'à l'ordre 95000. Dans la région bleue la photographie a permis un examen plus complet. Toutes les raies d'intensité supérieure à $3m'$ dans l'échelle de Merton m'ont donné des interférences visibles jusqu'à l'ordre 85000. Les raies suivantes m'ont donné des interférences d'ordre 97000 :

4849,3	4763,8	4740,9	4683,8	4659,0	4617,5
4797,7	4743,4	4719,0	4662,8	4633,9	4568,1
4797,0	4742,7	4686,8	4661,4	4627,9	4554,1

ces différences s'expliquent, soit par les différences d'éclat des raies, soit par des superpositions de raies.

La totalité des raies examinées dans le spectre secondaire doit donc être attribuée, sans hésitation, à la molécule d'hydrogène.

MM. Buisson et Fabry n'avaient observé d'interférences que jusqu'à l'ordre 72000. La visibilité des franges qu'ils observaient était diminuée par de multiples causes dont la principale était, à leur avis, le faible pouvoir dispersif du spectroscope qu'ils employaient, qui laissait subsister des mélanges de raies voisines.

RADIOACTIVITÉ. — *Recherches sur la constante du polonium* (1).
Note de Mlle **St. Maracineanu**, présentée par M. G. Urbain.

Les valeurs trouvées jusqu'à présent pour la période du polonium varient dans d'assez larges limites : 134,5-143 jours (2).

Depuis mars 1922 j'ai entrepris plusieurs séries de mesures ayant pour but de déterminer avec précision cette période.

Le polonium que j'ai utilisé provenait d'ampoules d'émanation qui avaient servi pour le traitement médical. Il a été purifié au Laboratoire de Chimie de l'Institut du Radium par plusieurs opérations. Les procédés pour obtenir du polonium exempt de radium D étaient l'électrolyse et le dépôt sur de l'argent.

(1) Les détails de ce travail seront exposés ailleurs d'une manière plus complète.

(2) Mme Curie, *Comptes rendus*, t. 142, 1906, p. 273; *Journal de Physique et le Radium*, juin et juillet, p. 12 et 14. — Rutherford, *Phil. Mag.*, t. 10, 1905, p. 290. — Marckwald u. Grenacher, *Jahrb. d. Rad.*, t. 2, 1905, p. 136. — Meyer u. von Sweidler, *Wien Ber.*, t. 115, 1906, p. 63. — Regener, *Ber. d. D. Physik. Ges.*, t. 13, 1911, p. 1027. — Sweidler, *Ber. d. D. Physik. Ges.*, t. 14, 1912.

Des petites gouttes d'une solution chlorhydrique très diluée ont été déposées sur des lamelles de diverses substances (métaux et verre), qui ont servi dans ces mesures. Après chaque dépôt les lamelles étaient lavées à l'eau distillée pour enlever les traces d'acide, et quelques-unes d'entre elles chauffées sur une toile métallique pour enlever quelques impuretés volatiles. Ces lamelles ont été placées dans de petites cuvettes métalliques (en laiton) très peu profondes, à bords plus ou moins évasés. Elles ont été mesurées dans une chambre d'ionisation à parcours complet de rayons α à l'aide d'un électromètre muni d'un quartz piézoélectrique comme compensateur de courant. La valeur initiale du courant ne dépassait pas 1 unité E. S.

La valeur de la période T a été déduite des courbes obtenues en portant le temps en abscisses et le logarithme du courant en ordonnées.

Les deux premières séries de mesures commencées en mars et mai 1922 ont été faites sur des lames nues ou couvertes d'écrans minces en aluminium de $\frac{3}{1000}$ à $\frac{7}{1000}$ de millimètre d'épaisseur. Dans la première série, les écrans étaient fixes et posés directement sur la substance active, dans la deuxième série ils étaient amovibles et placés à 1^{mm} de distance de la source.

Des résultats des 38 courbes obtenues pour des lamelles sans écran on déduit T = 139 à 140 jours, sauf pour le plomb : T = 135 jours, tandis que pour les lamelles mesurées avec écrans minces d'aluminium on trouve T = 136-137 jours, sauf pour le verre qui ne change pas de période mesuré avec ou sans écran. Pour déterminer les causes de la divergence des périodes trouvées par plusieurs expérimentateurs et par moi-même, quelques expériences complémentaires ont été faites.

I. *Influence possible du radium D.* — Mme Curie avait déterminé en 1910 (publication faite en 1920), avec du polonium déposé sur une lamelle de verre et recouvert par une feuille d'aluminium mince, la période T = 140 jours. J'ai examiné l'état actuel de cette lamelle et je l'ai trouvée inactive.

II. *Effet de projection.* — Les écrans d'aluminium qui avaient couvert longtemps mes lamelles de polonium ont été mesurés en vue d'un effet possible de projection. Ils étaient inactifs. Pour des lamelles de cette activité, la projection est inappréciable.

III. *Effet de saturation.* — Certains expérimentateurs avaient expliqué les périodes plus longues que 136 jours par le défaut de saturation du courant d'ionisation, ce qui a fait admettre pour la vraie période 136 jours (von Sweidler). Or j'ai vérifié que, dans le cas de mes lamelles, le courant de saturation était toujours obtenu, même dans le cas du verre, ce qui tient à ce que ces intensités étaient bien moins élevées que celles employées par

certains expérimentateurs. Le disque mesuré par von Sweidler mesurait 27 E. S.

Toutes ces causes d'erreurs étant écartées, l'hypothèse de la pénétration du polonium dans la substance qui lui sert de support a été émise par Mme Curie, et j'ai fait dans cette direction plusieurs expériences, qui ont toutes donné un résultat affirmatif.

La troisième série de mesures, commencée le 7 décembre 1923, a été faite en vue de la pénétration, et les résultats obtenus, ainsi que ceux des séries I et II, concordent avec les données obtenues dans mes recherches sur la pénétration des substances actives dans les métaux.

La pénétration étant favorisée par le chauffage, par l'intensité de la substance active, par les dimensions de la surface active, et dépendant de la nature du support (étant très marquée sur du plomb et presque nulle sur du verre), les pentes plus rapides s'expliqueraient par une pénétration lente au cours de la désintégration radioactive, le support faisant lui-même écran.

L'effet des écrans pourrait être expliqué par la suppression d'une partie des rayons obliques. La pénétration modifiant la proportion des rayons obliques aux rayons normaux, la réduction d'intensité produite par un écran peut changer à mesure que le polonium pénètre dans le support.

Les courbes qui méritent le plus confiance sont les courbes très régulières obtenues avec le polonium sur le verre avec ou sans écran.

D'après ces expériences nous croyons que la période du polonium doit être évaluée à $T = 139,5$ jours, donc $\lambda = \frac{\log 2}{T \log e} = 4.96, 10^{-3}$ j^{-1} en accord satisfaisant avec la période de 140 jours trouvée à deux reprises par Mme Curie (polonium sur verre).

En général, pour obtenir de bons résultats dans les recherches sur les périodes des substances radioactives, il serait recommandable de les déposer sur du verre et non sur des lames métalliques, d'éviter le chauffage et l'usage de grandes quantités.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur un cas curieux de séparation d'inverses optiques par distillation et par cristallisation.* Note de MM. **G. Dupont** et **L. Desalbres**, présentée par M. A. Haller.

Dans l'étude par distillation fractionnée des essences de térébenthine entreprise par l'un de nous, à l'aide d'un appareil distillatoire particu-

lièrement puissant ([1]), nous avons constaté que, quelle que soit l'origine de l'essence étudiée ([2]), le pinène actif obtenu en tête de la distillation présentait toujours un pouvoir rotatoire graduellement croissant, dans le cours de la distillation, jusqu'à un maximum après lequel il décroissait rapidement par suite de la présence d'une proportion croissante de nopinène.

Voici, par exemple, pour les pinènes de Bordeaux (*pinus maritima*) et d'Alep (*pinus halepensis*), les valeurs extrêmes obtenues :

	Pinène de Bordeaux.		Pinène d'Alep.	
	Début de la distillation.	Cœur de la distillation.	Début de la distillation.	Cœur de la distillation.
Rotation sur 10^cm α_J^*	$-39°,59$	$-40°,23$	$+43°,20$	$+44°,00$
Dispersion rotatoire $\frac{\alpha_V^{**}}{\alpha_J^*}$	1,1327	1,1329	1,1329	1,1330
Température de cristallisation.	$-57°,4$	$-57°,0$	$-57°,0$	$-57°,0$
Vitesse de cristallis. (à $-75°$).	$4^{mm},5$	(max. $8^{mm},0$)	$10^{mm},6$	34^{mm}
Indice n_J^{2*}	1,4655	1,4657	1,4650	1,4650

* pour la raie jaune de l'arc au mercure
** » verte »

Les différences obtenues, dans les pouvoirs rotatoires et dans les vitesses de cristallisation, ont pu être accrues par des congélations fractionnées à $-75°$; nous avons obtenu ainsi :

	Pinène de Bordeaux.		Pinène d'Alep.
	Solidus.	Liquidus.	Solidus.
Rotation sur 10^cm α_J	$-41°,98$	$-38°,47$	$+44°,23$
Dispersion rotatoire $\frac{\alpha_V}{\alpha_J}$	1,1330	1,1329	1,1330
Indice n_J^2	1,4650	1,4657	1,4652
Température de cristallisation	$-57°,0$	$-57°,5$	$-57°,0$
Vitesse de cristallisation	$16^{mm},3$	$1^{mm},08$	40^{mm}

Nous avons cherché à déterminer la nature de ce produit de tête dont l'influence ne se fait pratiquement sentir que sur le pouvoir rotatoire et sur la vitesse de cristallisation du produit, et nous avons été conduits à conclure que *ce produit de tête n'est autre que du pinène inactif*.

Nous avons en effet obtenu constamment, avec ces fractions à pouvoir rotatoire et

([1]) *Chimie et Industrie*, t. 8, n° 3, septembre 1922.

([2]) Nous avons étudié à ce point de vue les essences du pin maritime (*pinus maritima*), du pin d'Alep (*pinus halepensis*) et du pin indien (*pinus longifolia*).

vitesse de cristallisation abaissés, un rendement en nitrosochlorure supérieur à celui obtenu avec les fractions plus actives. Par exemple, avec des fractions sélectionnées par cristallisation, nous avons obtenu :

	Rotation du pinène $\alpha_j =$	Rendement en nitrochlorure pour 100.
Pinène inactif	00,00	33,91
» d'Alep............	+43,90	3,16
» de Bordeaux.......	−41,00	7,33
» »	−40,65	7,51
» »	−38,56	9,62

Le pinène inactif seul, on le sait, donnant du nitrosochlorure, on est conduit à penser que *ce pinène inactif se trouve concentré par la distillation dans les têtes et par la cristallisation dans les liquides mères.*

Pour vérifier ce fait assez inattendu, nous avons reproduit les anomalies signalées en ajoutant au pinène dextrogyre d'Alep des proportions croissantes de pinène lévogyre de Bordeaux.

1° La vitesse de cristallisation décroît rapidement par addition de la variété inverse optique.

Cette vitesse, initialement égale à $10^{mm},6$ à −75° pour le pinène d'Alep tombe à 2^{mm} pour une addition de 4 pour 100 de pinène lévogyre; inversement, la vitesse initiale du pinène lévogyre étant de $2^{mm},6$ tombe à $0^{mm},5$ pour 3 pour 100 de pinène d'Alep.

2° La cristallisation, dans des conditions convenables, permet de concentrer dans les solidus le pinène actif dominant.

En amorçant avec des cristaux de pinène d'Alep fraîchement cristallisé un mélange de pinène d'Alep et de 5 pour 100 de pinène de Bordeaux, nous avons obtenu pour le solidus une rotation de +39°,4 et pour le liquide +36°,25.

3° La distillation concentre de même le pinène inactif dans les produits de tête.

Le pinène d'Alep additionné de 10 pour 100 de pinène lévogyre de Bordeaux nous a donné en effet des fractions extrêmes de distillation dont les rotations étaient +34°,60 et +35°,75.

Nous avons donc bien une séparation très nette, par distillation et par cristallisation, du pinène actif et du pinène inactif. Une question se pose maintenant :

Le pinène inactif, sélectionné ainsi par distillation ou par cristallisation, est-il un racémique ou bien un simple mélange d'inverses optiques?

Pour répondre à cette question nous avons déterminé le poids moléculaire, à l'état liquide, du pinène inactif et du pinène actif par la mesure de la variation des tensions capillaires avec la température. Entre — 24° et + 100°, le pinène inactif a même densité et même tension capillaire que le pinène actif et un poids moléculaire trouvé égal à 130. Le pinène inactif a donc, à l'état liquide, dans ces limites de température, une grandeur moléculaire représentée par $C^{10}H^{16}$; il ne se présente donc pas sous la forme racémique. Il ne peut être, non plus, question d'attribuer les anomalies rencontrées à une forme inactive indédoublable, puisque nous les retrouvons dans de simples mélanges des inverses optiques.

Nous pouvons donc bien conclure de ce qui précède que, par cristallisation ainsi que par distillation (à l'aide d'appareils particulièrement puissants), il est possible de séparer, au moins partiellement, le pinène actif de son mélange avec son inverse optique, et ce fait est, pensons-nous, susceptible d'être généralisé.

Quant à l'interprétation de ces faits, elle est, croyons-nous, assez simple en ce qui concerne la séparation par cristallisation. Les deux formes inverses optiques, non susceptibles de se combiner pour donner un racémique, doivent, non se superposer dans les mêmes cristaux mais cristalliser dans deux formes hémièdres comme les paratartrates doubles de potassium et d'ammonium de Pasteur.

Si donc on ajoute, à une variété optique pure, son inverse optique, ce dernier se comporte comme une impureté, il réduit la vitesse de cristallisation et, si du moins on amorce avec des cristaux de la variété dominante, tend à se concentrer dans les liquides mères de cristallisation.

En ce qui concerne la séparation par distillation fractionnée, l'explication en est moins aisée. Elle est sans doute liée à une condensation sélective de la vapeur de la variété dominante par le liquide descendant dans la colonne de distillation, liquide dans lequel domine cette même variété, en sorte que la variété optique la moins abondante se trouve entraînée sélectivement dans les vapeurs.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Isothermes d'adsorption des sels par le bioxyde de manganèse.* Note de M. **M. Geloso**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Dans une précédente Communication [1], nous avons étudié le phénomène d'adsorption qui se produit lorsque, à l'ébullition, on précipite par

[1] M. Geloso, *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1269.

du persulfate d'ammoniaque une solution de sulfate manganeux contenant du sulfate ferrique.

Le cuivre et le nickel subissent un entraînement analogue à celui du fer, et les résultats expérimentaux, obtenus pour ces trois métaux, sont susceptibles d'être traduits sous une forme donnant une représentation simple du phénomène.

On désignera par C la concentration en molécules-milligrammes par litre du sel restant en solution, une fois l'adsorption effectuée; par γ la concentration millimoléculaire du corps condensé par molécule-milligramme de la phase solide totale. On voit que si n est le nombre de molécules-milligrammes adsorbées, n' celui de l'adsorbant, $\gamma = \frac{n}{n+n'}$.

Adsorption du cuivre à l'ébullition (Courbe III).

Mn = 10,609 = n'; SO^4H^2 = 141,9.

Concentration initiale.	Restant en solution : C.	Log C.	γ observé.	Log γ.	γ calculé.
0,79	0,59	$\bar{1}$,771	0,018	$\bar{2}$,267	0,023
1,99	1,67	0,220	0,029	$\bar{2}$,462	0,031
3,97	3,55	0,550	0,038	$\bar{2}$,580	0,035
7,94	7,32	0,864	0,055	$\bar{2}$,740	0,050
11,91	11,25	1,051	0,059	$\bar{2}$,771	0,058
19,86	19,05	1,280	0,071	$\bar{2}$,851	0,070
39,72	38,74	1,588	0,084	$\bar{2}$,924	0,086
79,44	78,12	1,893	0,110	$\bar{1}$,041	0,108
154,59	153,13	2,185	0,121	$\bar{1}$,083	0,140
309,20	307,59	2,488	0,132	$\bar{1}$,121	0,167

Adsorption du nickel à l'ébullition (Courbe IV).

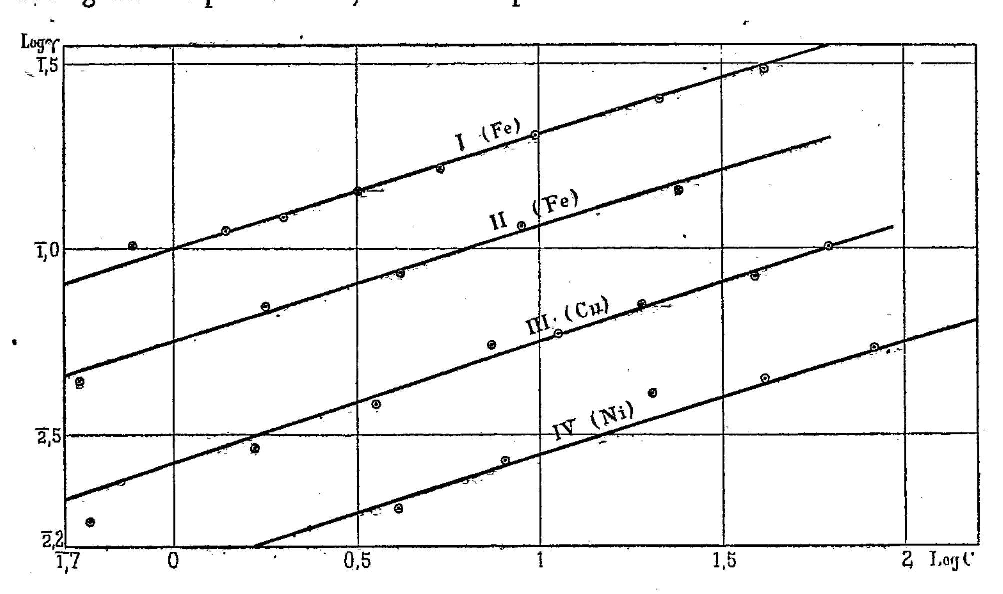
Concentration initiale.	Restant en solution : C.	Log C,	γ observé.	Log γ.	γ calculé.
4,30	4,08	0,611	0,020	$\bar{2}$,301	0,021
8,31	8,02	0,904	0,027	$\bar{2}$,431	0,026
20,77	20,30	1,307	0,041	$\bar{2}$,613	0,035
41,54	41,03	1,613	0,045	$\bar{2}$,653	0,043
83,08	82,47	1,916	0,054	$\bar{2}$,732	0,054
166,15	165,39	2,218	0,067	$\bar{2}$,826	0,067

Adsorption par le bioxyde de manganèse fraîchement précipité. — Le fer mis en présence d'un précipité manganique *déjà formé* se trouve également adsorbé. Cette adsorption est mise en évidence de la manière suivante :

Le bioxyde de manganèse étant formé à l'ébullition, on ajoute au bout

de 10 minutes des quantités mesurées de fer (alun de fer ammoniacal) et l'ébullition est prolongée jusqu'à ce que l'équilibre s'établisse. On dose alors le fer contenu dans la phase solide.

L'équilibre exige pour s'établir un temps d'autant plus long que la concentration est plus grande. Une ébullition trop prolongée semble pourtant faire rétrograder le phénomène, et du fer repasse en solution.



Les résultats sont condensés dans le Tableau suivant :

Adsorption du fer par MnO^2 *fraîchement précipité* (Courbe II).

Durée de la précipitation : 10 minutes; $Mn = 10,609 = n'$; $SO^4H^2 = 141,9$.

Concentration initiale.	Restant en solution : C.	Log C.	γ observé.	Log γ.	γ calculé.
1,03	0,55	$\bar{1}$,740	0,043	$\bar{2}$,643	0,047
2,57	1,77	0,248	0,070	$\bar{2}$,845	0,068
5,15	4,15	0,618	0,086	$\bar{2}$,934	0,088
10,30	8,91	0,950	0,116	$\bar{1}$,064	0,112
25,74	23,95	1,349	0,143	$\bar{1}$,155	0,148

Les courbes représentant les variations de log γ en fonction de log C peuvent être assimilées à des droites dans un intervalle relativement grand. L'adsorption obéit donc à la relation $\gamma = KC^m$ avec $m < 1$ (1) analogue à la formule empirique de Freündlich (2).

(1) Freündlich, *Zeits. Phys. Chem.*, 1907, p. 385.

Il est remarquable que les droites représentatives du phénomène soient toutes à peu près parallèles. *m* serait donc indépendant de la nature du corps condensé, et de la surface offerte par l'adsorbant.

K par contre varie avec ces deux facteurs. Ce serait à un terme constant près un coefficient spécifique de la substance adsorbée.

La formule d'adsorption s'est prêtée à de nombreuses interprétations.

Ici on peut penser que seulement une fraction du sel soluble prend part à la réaction. Cette fraction, à laquelle le coefficient *m* (qui en réalité n'est pas constant) apparaît comme étroitement lié, serait la partie hydrolysée de la substance; le phénomène d'adsorption deviendrait alors la conséquence de deux équilibres : un équilibre d'hydrolyse et un équilibre de répartition des molécules dissociées entre la phase liquide et la phase solide — ce qui confirme nos précédentes conclusions ([1]).

Les chiffres des dernières colonnes ont été calculés à l'aide des formules suivantes :

$$\text{(II)}\quad \gamma = 0{,}057\ C^{0,31},\qquad \text{(III)}\quad \gamma = 0{,}027\ C^{0,32},\qquad \text{(IV)}\quad \gamma = 0{,}014\ C^{0,31}.$$

Les résultats antérieurement obtenus pour le fer conduisent à

$$\text{(I)}\quad \gamma = 0{,}1\ C^{0,31}.$$

CHIMIE PHYSIQUE. — *Propriétés magnétiques des dérivés cyaniques et cyanuriques.* Note de M. **Paul Pascal**, présentée par M. H. Le Chatelier.

L'analyse magnétique est susceptible de donner des indications utiles sur la structure moléculaire des dérivés des séries cyanique et cyanurique.

Les groupements CNO et $C^3N^3O^3$ qui les caractérisent jouent en effet un rôle magnétique constant et l'application des lois d'additivité permet le calcul de leur part contributive dans la susceptibilité moléculaire des acides, des sels et des éthers-sels correspondants. Voici quelques-uns des principaux résultats obtenus :

([1]) M. Geloso, *loc. cit.*

	Susceptibilité moléculaire.	Rôle des radicaux.
Cyanate de potassium (CNO) K..............	-377.10^{-7}	(CNO) = −192 .10^{-7}
Isocyanate d'éthyle (CNO) C^2H^5..............	− 456 »	» −189,5 »
Isocyanate de phényle (CNO) C^6H^5...........	− 727 »	» −192 »
Acide cyanurique ($C^3N^3O^3$) H^3...............	− 632 »	($C^3N^3O^3$) = −544 »
Cyanurate de potassium ($C^3N^3O^3$) HK^2, H^2O..	−1088 »	» −559 »
Isocyanurate d'éthyle ($C^3N^3O^3$)(C^2H^5)^3.......	−1274 »	($C^3N^3O^3$) = −474,5 »
Cyamélide ($C^3N^3O^3$) H^3.....................	− 562 »	» −474 »

On constate donc tout d'abord que les cyanates métalliques sont des isocyanates, du type O = C = N − M, au même titre que les éthers-sels, dont la constitution O = C = N − R est imposée par l'ensemble de leurs propriétés chimiques.

Quant aux dérivés par condensation de l'acide isocyanique, il y a lieu de les diviser en deux groupes bien distincts : les cyanurates normaux d'une part, les isocyanurates et la cyamélide d'autre part. Le dernier groupe se distingue du premier par une moindre saturation (chaîne fermée du type cyclohexanique en liaisons multiples) nettement indiquée par une baisse marquée du diamagnétisme.

On peut pousser plus loin la recherche de la constitution en étudiant parallèlement les propriétés magnétiques des triazines, dont le noyau hétérocyclique C^3N^3 joue un rôle magnétique constant, aux erreurs d'expérience près. On trouve en effet :

	Susceptibilité moléculaire.	Rôle du noyau.
Méthyldiphényltriazine (C^3N^3)CH^3(C^6H^5)^2 ...	-1548.10^{-7}	(C^3N^3) = -358.10^{-7}
Triazinetricarbonate d'éthyle(C^3N^3)($CO^2C^2H^5$)^3	-1637.10^{-7}	(C^3N^3) = -371.10^{-7}
	Moyenne..........	-365.10^{-7}

Or, entre la somme des susceptibilités atomiques des constituants du noyau

$$-(3 \times 60 + 3 \times 55,5)10^{-7} = -346,5.10^{-7},$$

et la part contributive moyenne du noyau, on observe une différence $-18,5.10^{-7}$, sensiblement égale au terme correctif $-14,5.10^{-7}$ qui caractérise la structure benzénique.

Admettant alors pour la série cyanurique une constitution rappelant celle de la phloroglucine, tenant compte de l'exaltation du diamagnétisme résultant du voisinage d'une fonction oxygénée et d'un noyau aromatique,

on arrive à une concordance parfaite entre les susceptibilités moléculaires observées et celles que l'on calcule à l'aide des règles ordinaires d'additivité; par exemple :

	Calculé.	Observé.
Acide cyanurique	-626.10^{-7}	-632.10^{-7}

En résumé, au point de vue magnétique, l'acide cyanurique, ses sels et ses éthers-sels sont des triazines substituées et leur noyau présente les mêmes détails de structure que le noyau benzénique : on peut donc proposer pour eux des formules dérivées du type

```
      OH
       \
        C    N
       /------\
     N<  \  /  >C — OH
       \  /  \ /
        C    N
       /
     OH
```

Par contre, l'identité magnétique du noyau ($C^3N^3O^5$) dans les isocyanurates et la cyamélide y implique l'existence de liaisons identiques, correspondant à une saturation moindre que celle du noyau cyanurique.

Comme toutes les propriétés chimiques des isocyanurates conduisent à les considérer comme des imides dérivées du type I, nous sommes amenés à

```
         O       H                 H — N
          \\    /                       \\
           C    N                        C     O
          /------\                      /------\
  H — N<          >C = O              O<        >C = N — H
          \------/                      \------/
           C    N                        C     O
          //     \                      //
         O        H                H — N
              I.                           II
```

prendre la formule II pour la cyamélide, qui devient un trimère de l'acide isocyanique $O = C = N - H$ comparable au trioxyméthylène, trimère de l'aldéhyde formique $O = C = H^2$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le déplacement réciproque des corps entraînés par les précipités.* Note de M. **André Charriou**, présentée par M. H. Le Chatelier.

I. Dans une Note précédente (¹) j'ai montré que si l'on précipite de l'alumine par une solution d'ammoniaque au sein d'une solution d'un chromate alcalin, cette alumine reste colorée en jaune, après filtration et lavage, par suite de l'entraînement de petites quantités d'acide chromique.

J'ai indiqué aussi : que si l'on lave le précipité contenant l'acide chromique entraîné avec des solutions de carbonate ou de phosphate alcalins le précipité est entièrement décoloré, car l'acide chromique est déplacé par les acides carbonique et phosphorique qui se fixent à sa place sur l'alumine, et que par contre un lavage avec des solutions de chlorure, d'azotate, ou d'acétate n'a aucune influence sur l'entraînement.

J'ai recherché si l'on pouvait généraliser ces phénomènes et en déterminer les lois.

1° Des précipités, contenant $0^g,14$ d'alumine et ayant entraîné 2,16 pour 100 d'acide chromique, étaient lavés à froid avec 200^{cm^3} de solutions à 5 pour 100 de sels alcalins de divers acides, puis à l'eau bouillante jusqu'à disparition de la présence de l'acide dans les eaux de lavage.

A. Chlorures, bromures, iodures, azotates, acétates : l'acide chromique fixé sur l'alumine y est resté entièrement et ces divers acides ne se sont pas fixés sur l'alumine.

B. Carbonates, sulfates, sulfures, oxalates, tartrates, citrates, phosphates, arséniates : le précipité a été entièrement décoloré, l'acide chromique entraîné étant déplacé par ces divers acides qui se fixent à sa place sur l'alumine.

L'acide chromique n'a donc pas été déplacé par les acides à une fonction acide, mais il a été entièrement déplacé par les acides à plusieurs fonctions acides.

2° Des précipités contenant $0^g,137$ d'alumine et ayant entraîné 2,77 pour 100 d'acide sulfurique ont été traités suivant le même procédé.

J'ai vérifié que, de même, les acides à une fonction acide n'ont eu aucune action sur l'entraînement, tandis que les acides à plusieurs fonctions acides ont entièrement déplacé l'acide sulfurique.

3° Des précipités contenant $0^g,14$ d'alumine et ayant entraîné de petites quantités d'acide phosphorique ont été lavés avec des solutions à 5 pour 100

(¹) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 679.

de carbonate et de chromate alcalins : l'acide phosphorique n'a pas été déplacé et ces divers acides ne se sont pas fixés sur l'alumine.

Donc un acide à deux fonctions acides ne peut déplacer un acide à trois fonctions acides, alors que le contraire a lieu entièrement.

4° Des précipités contenant $0^g,14$ d'alumine et ayant entraîné de petites quantités d'acide carbonique ont été lavés avec une solution à 5 pour 100 de chromate alcalin.

L'acide carbonique a été entièrement déplacé et l'alumine a fixé environ 7,5 pour 100 d'acide chromique, alors que le déplacement inverse peut être aussi réalisé.

Donc entre deux acides possédant le même nombre de fonctions acides on a un véritable équilibre. Le corps le moins concentré est déplacé.

II. J'ai recherché si ces lois s'appliquent aussi lorsque les corps entraînés sont des bases.

Si l'on précipite du sulfure d'arsenic par l'hydrogène sulfuré au sein d'une solution d'un sel de baryum, le précipité entraîne de petites quantités de baryte.

Des précipités contenant $0^g,252$ de sulfure d'arsenic et ayant entraîné 1,2 pour 100 de baryte étaient lavés à froid avec des solutions à 5 pour 100 de chlorures de diverses bases, puis à l'eau bouillante jusqu'à disparition de la présence de ces bases dans les eaux de lavage.

A. Chlorure de sodium, chlorure de potassium : la baryte fixée sur l'alumine y est restée entièrement et ces bases ne se sont pas fixées sur l'alumine.

B. Chlorure d'aluminium, chlorure ferrique, chlorure chromique : la baryte fixée sur l'alumine a été déplacée entièrement et l'alumine a fixé environ 2 pour 100 de ces diverses bases.

Donc les bases à une fonction basique n'ont pas déplacé la baryte, qui a été, au contraire, déplacée par les bases à plusieurs fonctions basiques (exactement comme pour les acides).

On peut conclure :

1° *Un corps entraîné par un précipité peut être déplacé sur ce précipité par un corps de même fonction mais possédant une valence plus élevée.*

2° *Un corps entraîné ne peut pas être déplacé par un corps possédant une valence moins élevée.*

3° *Dans le cas de deux corps possédant la même valence le corps le moins concentré est déplacé par le corps le plus concentré.*

On peut remarquer l'analogie existant entre les lois de ces déplacements et les lois bien connues de la coagulation des colloïdes.

CHIMIE PHYSIQUE. — *L'origine des effets osmotiques. Transformations hydronodynamiques dans les solutions aqueuses.* Note de M. **Henry-E. Armstrong**, présentée par M. Charles Moureu.

Aucune explication satisfaisante n'a jamais encore été donnée des phénomènes produits dans la dissolution des « sels » dans l'eau, notamment en ce qui concerne l'abaissement de la tension de vapeur et l'augmentation du pouvoir d'attraction osmotique par rapport aux valeurs correspondantes observées dans le cas des non-électrolytes.

Déjà en 1885 j'avais fait des réserves sur l'hypothèse d'Arrhénius, et j'ai toujours affirmé qu'elle était à la fois irrationnelle et en désaccord avec les faits.

Arrhénius et ses adeptes ont prétendu que les deux composés chlorure d'hydrogène HCl et oxyde d'hydrogène H^2O sont de nature tellement différente que l'un est un « électrolyte » qui peut se dissocier presque complètement en ses ions en présence d'eau, tandis que l'autre ne peut subir une semblable dissociation que dans une très faible mesure.

Cette manière de voir est contraire à tous les faits expérimentaux d'ordre chimique.

Les deux corps présentent des analogies chimiques très étroites; et ce qui est vrai pour l'un doit être généralement vrai pour l'autre, comme cela ressort spécialement de l'expérience en chimie organique.

J'ai supposé que les deux hydrures HCl et H^2O se comportent semblablement quand ils sont mélangés, et que par mutuelle réaction quatre composés peuvent se produire :

$$\underset{a.}{HCl\Big\langle{}^{H}_{OH}},\quad \underset{b.}{H^2O\Big\langle{}^{H}_{Cl}},\quad \underset{c.}{HCl\Big\langle{}^{H}_{Cl}},\quad \underset{d.}{H^2O\Big\langle{}^{H}_{OH}}.$$

Ces composés se formeraient dans des proportions dépendant de la concentration de la solution. Dans les solutions concentrées de chlorure d'hydrogène, *a* et *c* domineraient; *b* serait plus abondant quand la solution est diluée; finalement, en solution très diluée, la totalité du chlorure d'hydrogène serait pratiquement sous la forme *a*, en même temps que la proportion correspondante du complexe équivalent *d*. L'influence moléculaire relative du chlorure d'hydrogène atteindrait alors un maximum.

Pour distinguer la molécule simple H^2O de l'eau, je l'appellerai *hydrone*, et le complexe $H^2O\langle{}^{H}_{OH}$ prendra le non d'*hydronol*.

En outre de ces deux composés, on peut supposer que les solutions aqueuses contiennent des *polyhydrones* variés

$$\begin{array}{cc} H^2 & H^2 \\ O - & O \\ | & | \\ O - & O \\ H^2 & H^2 \end{array} \qquad H^2O\left\langle\begin{array}{cc} H^2 & H^2 \\ O - & O \\ & | \\ O - & O \\ H^2 & H^2 \end{array}\right. \qquad H^2O\left\langle\begin{array}{cc} H^2 & H^2 \\ O - & O \\ & \\ O - & O \\ H^2 & H^2 \end{array}\right\rangle OH^2$$

Tétrahydrone. Pentahydrone. Hexahydrone.

En raison des propriétés des solutions aqueuses, j'admets ce qui suit :

1° L'*hydrone* est le constituant volatil de l'eau, et la tension de vapeur à toute température mesure les proportions relatives d'*hydrone* présentes. Dans l'eau ordinaire la proportion des molécules d'hydrone doit être très petite, car, autrement, le point d'ébullition serait beaucoup plus bas.

2° Quand une substance est dissoute dans l'eau, la tension de vapeur est abaissée, et une pression négative s'établit dans le liquide, grâce à la fixation de molécules d'hydrone par les molécules de la substance dissoute.

3° Dans le cas des non-électrolytes, finalement une molécule-gramme d'hydrone cesse d'agir comme constituant volatil pour chaque molécule-gramme du corps dissous.

4° Les « électrolytes » (sels) déterminent un plus grand effet, lequel dépend de la valence et du caractère des radicaux constituants.

Dans le cas d'un composé comme le chlorure d'hydrogène, ainsi que nous l'avons montré ci-dessus, l'influence moléculaire est, en fin de compte, le double de celle des non-électrolytes.

5° Les complexes formés par la réaction mutuelle des molécules dissoutes et celle de l'hydrone ont de l'affinité pour l'hydrone, le radical négatif dans le complexe ayant une plus grande affinité résiduelle que celle qu'il possède dans le complexe dont il dérive.

6° Lorsqu'une solution est mise au contact de l'eau, chacun des complexes $HCl\langle{}^{H}_{OH}$, $H^2O\langle{}^{H}_{Cl}$, etc., attire une seule molécule d'hydrone de l'eau, et l'équilibre en *hydrone* de la solution se trouve ainsi rétabli.

7° La pression osmotique, dans une solution aqueuse, est la pression exercée par les molécules d'hydrone ainsi attirées dans le liquide, et qui oscillent à la surface des molécules qui les attirent, comme si elles existaient à l'état de gaz; de là l'application apparente des lois des gaz aux solutions.

La pression osmotique peut donc être qualifiée de pression hydronodynamique.

8° L'activité générale de l'eau, électrochimique ou osmotique, doit être comprise dans cette expression.

En fait, toutes les propriétés des solutions aqueuses en général peuvent être rapportées au facteur *Hydrone*.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Applications des antioxygènes aux colorants. Le pouvoir antioxygène des sels cuivreux explique l'accroissement, par les sels cuivreux, de la solidité à la lumière de certains colorants sur fibre.* Note de MM. **Alfred Gillet** et **Fernand Giot**, présentée par M. Charles Moureu.

Nous avons montré [1] que l'hydroquinone et d'autres polyphénols accroissent notablement la solidité à la lumière des colorants sur fibre, ainsi que le faisait prévoir l'hypothèse que la dégradation photochimique des colorants est presque toujours une autoxydation.

Un procédé connu depuis fort longtemps en teinture, et jamais bien expliqué, consiste à accroître la solidité des colorants sur fibre — à la lumière en même temps qu'à d'autres agents — en traitant la fibre après teinture, par un sel de cuivre [2].

La proposition que MM. Moureu et Dufraisse ont déduite de leur théorie des antioxygènes, — à savoir que tout corps autoxydable pouvait dans certaines conditions manifester un pouvoir antioxygène, — nous a suggéré l'idée de rechercher si la protection de la teinte n'était pas due au pouvoir antioxygène d'un sel cuivreux provenant de la réduction du sel cuivrique par la fibre teinte.

Une méthode directe de vérification de cette idée consisterait à montrer que les colorants dits « sensibles au cuivre » (protégés par un traitement aux sels cuivriques) ont la propriété de réduire ceux-ci à l'état cuivreux, dans les conditions du traitement; et que chez les colorants non sensibles au cuivre, cette propriété réductrice n'existe pas ou est relativement faible. Cette recherche est en cours, mais n'a pas encore donné de résultats.

Une autre méthode, que nous avons suivie avec succès, consiste à déposer

---

[1] *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1558.

[2] Les sels de cobalt, de nickel et d'autres métaux lourds jouissent de propriétés analogues.

un sel *cuivreux* sur des fibres teintes avec des colorants non protégés par le traitement habituel aux sels *cuivriques*, et à les exposer à la lumière.

On prépare 5 échantillons de coton teints au bleu diamine 2 B; le premier sert de témoin, le deuxième est imprégné d'un mélange en parties égales d'une solution de sulfate cuivrique à 10 pour 100 et d'une solution saturée d'anhydride sulfureux, le troisième de la solution de sulfate cuivrique seule, le quatrième de la solution de SO^2 seule, le cinquième d'une solution d'hydroquinone à 2 pour 100.

On exposé à la lumière une moitié de chaque échantillon et l'on conserve l'autre moitié à l'obscurité. *Après dix jours, en juin*, le témoin est profondément dégradé, les échantillons traités séparément par SO^2 ou par $CuSO^4$ marquent une conservation un peu meilleure; mais celle du tissu traité au mélange ($CuSO^4 + SO^2$) est des plus remarquable, *pratiquement parfaite*, meilleure que celle du tissu traité à l'hydroquinone.

La protection du bleu diamine 3B, dans les mêmes conditions, est encore plus complète si c'est possible.

Nous avons également essayé entre autres, comme sels cuivreux, le sulfocyanure cuivreux, le chlorure cuivreux ammoniacal : l'action protectrice est également manifeste, quoique moins nette que celle du sulfate de cuivre réduit par SO^2 (pendant la courte durée de nos premières expériences). Nous avons observé la même action protectrice sur l'éosine et sur des colorants du triphénylméthane.

Ces premiers résultats, d'une netteté absolue, nous semblent suffisants pour établir l'explication, — tant cherchée par les coloristes, — de la diminution par des sels de cuivre de l'altérabilité à la lumière de certains colorants sur fibre.

Nous poursuivons l'application des sels cuivreux aux diverses classes de colorants, sur laine et sur coton.

Il est intéressant de noter qu'il y a 30 ans, Schœn (1), dans un travail sur ce rôle des sels de cuivre en teinture, a observé l'effet protecteur du « cuivre réduit », du sulfure « de cuivre » (cuivreux), parmi beaucoup d'autres sels de cuivre; dans les fibres traitées aux sels de cuivre, il observe la formation d'oxycellulose. Il conclut de ses observations qu' « il semble que c'est par réoxydation que le cuivre exerce son action protectrice sur les matières colorantes ».

(1) *Bulletin de la Société Industrielle de Mulhouse*, 1892, p. 74 et 590.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la constitution de l'ésérine.* Note de MM. **Max** et **Michel Polonovski**, présentée par M. Charles Moureu.

Nous nous sommes abstenus, jusqu'à présent, au cours de nos travaux sur l'ésérine, de toutes formules développées, et nous nous sommes bornés à exprimer nos résultats par des équations où n'apparaissaient que les fonctions ou les groupes intéressés. Le moment nous paraît cependant venu où nous ne pouvons plus nous passer d'une représentation schématique synthétisant toutes les données que nous avons accumulées jusqu'ici.

Mais auparavant il nous paraît utile de récapituler rapidement les résultats acquis par nos recherches sur l'ésérine et ses dérivés.

1° L'ésérine est un méthyluréthane d'une base à fonction phénolique : l'éséroline.

2° Elle possède un azote basique, tertiaire.

3° Le deuxième azote est également tertiaire.

4° Ces deux azotes sont liés à un groupe CH^3.

5° Il existe dans la molécule une double liaison facilement hydrogénable.

6° L'ésérine et tous les produits de dégradations étudiés possèdent au moins un C asymétrique.

Le fait que le groupement OH ne disparaît dans aucun des dérivés de l'ésérine, même après une réduction énergique, prouve le caractère phénolique incontestable de l'éséroline et nous oblige à admettre un noyau benzénique dans la molécule.

De l'étude de la dégradation de l'éséréthol en éthésérolène, nous pouvons d'autre part déduire l'existence d'un second noyau azoté, hétérocyclique, hydré, N-méthylé :

N-méthylpipéridique ou N-méthylpyrrolidinique.

Enfin le deuxième azote de l'éséroline étant lui aussi tertiaire et méthylé, et l'éthésérolène possédant un groupement pyrrolique ainsi que semblent l'indiquer les dérivés nitrés, nitrosés, iodométhylés et la nature des diiodométhylates, un troisième noyau se trouve ainsi révélé : un N-méthylpyrrol.

Pour concilier la présence de ces trois noyaux avec la formule brute de l'éséroline, $C^{13}H^{18}N^2O$, nous sommes évidemment obligés d'admettre des

sommets communs, au minimum au nombre de 4. De toutes les hypothèses possibles nous n'envisagerons que celles où les noyaux seront accolés deux à deux par deux sommets communs, ou par un pont hydré azoté.

Mais deux propriétés de l'éthésérolène nous permettent de limiter le champ des possibilités théoriques : l'existence de la double liaison dans le noyau pyrrolique qui, par réduction, devient basique à l'héliantine, et la facilité de formation d'un iodométhylate. Ces propriétés ne peuvent s'expliquer que par une structure hydroindolique où les deux hydrogènes auraient leur siège dans la charnière

Quant au noyau basique hydré, on peut *a priori* le situer soit accolé au benzène (hydroisoquinoléique), soit contigu à la double liaison du pyrrol, soit encore en pont jeté de l'un à l'autre de ces deux cycles. Nous penchons plutôt vers l'un de ces deux derniers types.

(I)

(II)

Éséroline. Éthésérolène.

(III)

En tous les cas, il résulte surabondamment de ces déductions que toutes les formules proposées jusqu'à maintenant doivent être rejetées. Des nombreux schémas imaginés pour l'éséroline par Salway (*Journ. Chem. Soc.*, t. 103, p. 351), le seul acceptable (IV), selon cet auteur, ne cadre en effet ni avec le caractère phénolique vrai de l'éséroline, ni avec deux azotes tertiaires méthylés.

Quant au schéma de Strauss (V) (*Ann.*, 1913, p. 350), il ne tient pas compte de la facile hydrogénation de l'ésérine et de tous ses dérivés.

```
                 CH²
                  |
         CHOH|                            CH             CH²
   CH²/ \C/ \C———CH               HC// \C———CH/ \CH²
     |     ||     ||    ||               |OH ||      |       |
   CH²\ /C\ /C\ /C—CH³         HC\\ /C\ /CH\ /NCH³
       NCH³ CH² NH                      CH   NCH³  CH²
```

(IV).
Schéma de Salway.

(V).
Schéma de Strauss.

Éséroline.

Nos formules (I), (II) et (III), que nous proposons, ne sont elles-mêmes évidemment que toutes provisoires, susceptibles d'être modifiées dès que des faits nouveaux les viendraient ébranler.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'acide formique sur l'éthylglycérine. Passage à la β-éthylacroléine.* Note de M. **Raymond Delaby**, présentée par M. A. Béhal.

L'étude des produits de décomposition des formines des polyols est une question qui a toujours attiré l'attention des chercheurs : il était donc particulièrement intéressant de faire réagir l'acide formique sur l'alcoylglycérine la plus aisée à obtenir, l'éthylglycérine [1], et d'identifier les composés qui prennent naissance lorsqu'on soumet le mélange brut des formines ainsi obtenues à l'action de la chaleur.

Lorsqu'on fait bouillir de l'éthylglycérine, 6 heures à reflux avec deux fois et demie son poids d'acide formique cristallisable ou même à 96 pour 100, on obtient, après élimination par distillation de l'acide en excès, une fraction, la plus importante, distillant entre 150° et 152° sous 15^{mm} : elle possède sensiblement la composition d'une diformine, mais c'est un mélange

[1] R. Delaby, *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 1152.

des éthers formiques de l'éthylglycérine et de ce triol non éthérifié. D'ailleurs le liquide cristallise parfois en partie, et le produit de l'essorage recristallisé dans l'éther de pétrole léger est constitué par de la *triformine* pure, $C^8H^{12}O^6$, se présentant en aiguilles fines, feutrées, soyeuses, fusibles à 60°-61° à la surface d'un bain de mercure.

Le mélange brut des formines soumis à l'action de la chaleur sous la pression atmosphérique jusqu'à ce qu'un thermomètre plongé dans la masse marque 270°, abandonne un mélange d'eau et d'un liquide moins dense (indice de saponification : 34,8 pour 100 d'acide formique) qui distille entre 115 et 120°. Il reste dans l'appareil un résidu appréciable se solidifiant par refroidissement et présentant, après rectification dans le vide et cristallisation dans l'éther de pétrole, les constantes et la composition de la triformine de l'éthylglycérine non décomposée à cette température.

Le distillat, provenant par conséquent de la décomposition des mono et diformines, renferme un mélange de deux alcools non saturés isomères $C^5H^{10}O$ et de leurs éthers formiques. Après saponification et fractionnement très soigné des alcools ainsi libérés, on parvient nettement à séparer le vinyléthylcarbinol, $CH^2 = CH - CHOH - C^2H^5$ (Eb. 114°-116°) qui a servi précisément de point de départ à la synthèse de l'éthylglycérine et l'*alcool β-éthylallylique*, $C^2H^5 - CH = CH - CH^2OH$, encore inconnu jusqu'ici : Eb. 139°-140°, $D_4^0 = 0{,}864$, $D_4^{15} = 0{,}855$, $N_D^{15} = 1{,}4378$, R. M. trouvé : 26,38; calculé (Roth et Eisenlohr) : 26,34.

L'analyse des gaz dégagés ayant permis de déceler la présence du gaz carbonique à l'exclusion de l'oxyde de carbone, la décomposition suivant le schéma rapporté ci-dessous rend parfaitement compte de la formation, d'une part des formines des deux alcools précités à partir des diformines de l'éthylglycérine (la diformine-1.3 pouvant perdre les éléments de l'eau et du gaz carbonique de deux manières différentes), d'autre part de ces alcools eux-mêmes à partir des monoformines de l'éthylglycérine (deux modes de décomposition étant prévus pour la monoformine-2) :

$CH^2(O.CO.H) - CH(O.CO.H) - HOHC - C^2H^5$
Diformine-1.2.

$CH^2(O.CO.H) - CHOH - (H.CO.O)CH - C^2H^5$
Diformine-1.3.

→ $CH^2(O.CO.H) - CH = CH - C^2H^5$
Formine de l'alcool β-éthylallylique.

$CH^2(O.CO.H) - HOHC - CH(O.CO.H) - C^2H^5$
Diformine-1.3.

$CH^2OH - (H.CO.O)CH - CH(O.CO.H) - C^2H^5$
Diformine-2.3.

→ $CH^2 = CH - CH(O.CO.H) - C^2H^5$
Formine du vinyléthylcarbinol.

$CH^2(O.CO.H)-HO\,HC-CHOH-C^2H^5$
Monoformine-1.

$CH^2OH-(H.CO.O)CH-CHOH-C^2H^5$
Monoformine-2.

$\rightarrow CH^2=CH-CHOH-C^2H^5$
Vinyléthylcarbinol.

$CH^2OH-CH(O.CO.H)-HO\,HC-C^2H^5$
Monoformine-2.

$CH^2OH-CH\,OH-(H.CO.O)HC-C^2H^5$
Monoformine-3.

$\rightarrow CH^2OH-CH=CH-C^2H^5$
Alcool β-éthylallylique.

Le vinyléthylcarbinol a été caractérisé par ses constantes physiques identiques à celles de l'alcool de synthèse et par transformation en allophanate, F. 152°-153° (1).

La constitution de l'alcool β-éthylallylique a été établie de la manière suivante : son *allophanate*, $C^7H^{12}O^3N^2$, est fusible à 157°-157°,5, température de fusion assez voisine de celle de l'allophanate du vinyléthylcarbinol, mais le mélange des deux fond vers 120°. L'oxydation à fond par le mélange chromique donne de l'acide propionique; l'oxydation nitrique fournit à côté de ce même acide, de l'acide oxalique; l'oxydation chromique ménagée permet d'obtenir la *β-éthylacroléine* ou *pentène*-2-*al*-1,

$$C^2H^5-CH=CH-CHO$$

(Eb. 126°-130°, $D_4^0=0,867$, $D_4^{15}=0,854$, $N_D^{14}=1,4387$, R. M. trouvé : 25,85; calculé (Roth et Eisenlohr) : 24,83) dont l'odeur rappelle celle de l'aldéhyde crotonique son homologue inférieur : cet aldéhyde fournit une *semicarbazone*, $C^6H^{11}ON^3$, bien cristallisée, F. 177°-178°, et, traité par l'oxyde d'argent suivant la technique de MM. Delépine et Bonnet (2), il engendre l'acide β-éthylacrylique déjà connu.

On voit donc que la décomposition du mélange brut des formines d'une glycérine monoalcoylée en α conduit à deux alcools non saturés isomères, alors que l'alcool allylique est le seul produit de décomposition de la formine de la glycérine ordinaire. Parmi les alcools isolés, l'un d'eux est primaire et la liaison éthylénique se trouve en αβ : l'oxydation ménagée conduit à l'aldéhyde correspondant; ce procédé, s'il était généralisable, constituerait un mode de formation intéressant les aldéhydes du type

$$R-CH=CH-CHO,$$

(1) R. Delaby, *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 967.

(2) M. Delépine et P. Bonnet, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 5, 1909, p. 879.

non substitués en α, dont on ne connaît pas encore de méthode générale de préparation.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur un nouveau mode opératoire pour la préparation du camphène.* Note [1] de M. **Pariselle**, transmise par M. Haller.

Des deux opérations qui permettent de passer du pinène au camphène, la première, qui est la préparation du chlorhydrate de pinène, s'effectue toujours dans des conditions bien déterminées, à savoir saturation d'essence rectifiée par du gaz chlorhydrique sec, à 20° environ. Les rendements indiqués en produit brut varient de 55 à 65 pour 100. Ayant pensé que l'élévation assez considérable de température qui se produit au moment de la cristallisation du chlorhydrate est une des causes de la diminution du rendement, j'ai effectué la saturation de l'essence en deux temps à deux jours d'intervalle et j'ai obtenu effectivement un rendement de 75 pour 100 environ (une opération effectuée avec l'essence d'Alep m'a même donné 85 pour 100).

La transformation du chlorhydrate en camphène, au contraire, est susceptible de se faire par des procédés assez différents. L'un des plus pratique est celui de Reychler [2] (Brevet allemand n° 149791) qui enlève l'acide chlorhydrique par le phénate de sodium vers 170°. On obtient par ce procédé, avec un rendement de 75 pour 100, un camphène brut qui passe à la distillation de 153° à 163°. J'ai constaté que ce camphène renferme une proportion notable de phénol et de chlorhydrate inaltéré, et ceci s'explique par les raisons suivantes :

1° L'intervalle (22°) entre les températures d'ébullition du camphène et du phénol est insuffisant pour obtenir une bonne séparation.

2° Lorsqu'on introduit le chlorhydrate de pinène dans la solution de phénate de soude dans le phénol, il se forme généralement deux couches et l'enlèvement complet de l'acide chlorhydrique devient donc très difficile.

Pour remédier à cet inconvénient, j'ai remplacé le phénol par le méta-para-crésol industriel, beaucoup plus maniable du reste, qui bout à 200° et j'ai employé le mode opératoire suivant :

A 90^g de crésol sont ajoutés 50^g de potasse caustique et le tout est chauffé à 180°

(1) Séance du 18 juin 1923.

(2) Reychler, *Bull. Soc. chim.*, t. 15, 1896, p. 371.

pendant 20 minutes. Après avoir laissé refroidir à 100° on ajoute une *solution* de 70g de chlorhydrate de pinène dans 70g de crésol et le ballon étant surmonté d'un tube Vigreux de 20cm, on porte la solution homogène obtenue à 180°-190°. Il distille d'abord de l'eau qui entraîne une notable quantité de camphène, puis le thermomètre monte et le camphène passe. Lorsque la distillation cesse on produit un vide successif dans l'appareil et l'on fractionne d'après les indications du thermomètre.

On récupère ainsi une notable quantité de crésol.

J'ai obtenu par ce procédé un rendement en produit brut légèrement supérieur à la théorie. Le camphène fondu et lavé à la soude a été rectifié et est passé presque intégralement de 51° à 53° sous 17mm. (Rendement final de 88 pour 100.)

GÉOLOGIE. — *Sur la continuité de la série charriée des Corbières orientales entre la Berre et Narbonne.* Note de M. L. **Barrabé**, présentée par M. Pierre Termier.

J'ai montré dans deux Notes précédentes [1] que les massifs liasiques de Fontjoncouse (SW de la feuille de Narbonne) et de Montredon (W de Narbonne) étaient charriés sur un substratum tertiaire ou crétacé et qu'on pouvait les considérer comme des fragments d'une nappe pyrénéenne. C'est le raccordement entre ces deux massifs charriés, entre Ripaud au Sud et l'Etang de Treilles au Nord, que je me propose d'étudier ici.

Le bord de la nappe très net jusqu'à Ripaud, au pied du Mont Saint-Victor, perd beaucoup de sa régularité au Nord de la route de Thézan à Sigean par suite de plissements ayant affecté la nappe et son substratum. Entre Ripaud et le ruisseau de Tauran, s'étend sur la rive gauche de la Berre une bande de Trias et de Lias appartenant certainement à la série charriée et d'où se détache vers le NNW, en face Gléon, un éperon s'avançant au Nord au delà de Tauran. Cet éperon constitué dans sa partie septentrionale par des marnes vertes, des cargneules et des grès du Rhétien avec un peu de Trias, sur lesquels reposent quelques lambeaux subhorizontaux de calcaires dolomitiques du Lias inférieur, s'appuie nettement à l'Est et au Nord sur le Danien et l'Urgonien; à l'Ouest le contact est plus redressé, mais il est toujours anormal, car une lame écrasée de marnes panachées daniennes sépare l'Infra-Lias d'une grosse barre de calcaire aptien. Du bord SW de ce massif de Lias au pied Est du Mont Saint-Victor, s'étend

(1) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 1081, et t. 176, 1923, p. 1169.

une bande presque rectiligne de Trias qui constitue très probablement un repli de la base de la nappe, couché au NW et pincé entre une barre de calcaire urgonien au NW et une écaille de Danien et d'Urgonien au SE. Au Sud du ruisseau de Ripaud, cette bande de Trias se réunit à la lame triasique de la base de la nappe qui a été décrite dans une Note précédente (¹). Vers les Campets, jusqu'au ruisseau du Tauran, le Lias chevauche nettement sur les calcaires, marnes et poudingues du Danien.

Entre le ruisseau de Tauran et Fontanilles, les dépôts oligocènes formés de calcaires et de poudingues interstratifiés, viennent s'appuyer contre le bord oriental très redressé du plateau urgonien du Pla de Couloubret. C'est près de Fontanilles seulement que le bord occidental de la nappe reparaît. La colline située au NW de Fontanilles est, en effet, constituée par des calcaires dolomitiques gris du Lias inférieur, s'appuyant sur une bande de Trias gypsifère qui les sépare de l'Urgonien du Pla de Couloubret. La bande triasique suit une direction N-S jusqu'à Sainte-Eugénie; là elle se divise en deux branches :

L'une, à direction N-S, occupe le fond puis le versant Est du ravin de Sainte-Eugénie à Pech-Rascas; c'est un repli couché à l'Ouest de la base de la nappe, pincé entre un pli couché aptien à l'Ouest et une écaille albienne avec lames de calcaire urgonien à la base, à l'Est. Cette bande triasique se poursuit au Nord jusqu'à Pech Rascas où, après s'être laminée à hauteur de la cote 249, elle s'étale très largement. Après s'être très légèrement infléchie vers l'Ouest, elle se lamine encore pour s'étaler à nouveau plus au Nord dans la dépression où le ruisseau de Fontfroide prend sa source. A partir de ce point elle tourne brusquement vers l'Est et se suit sans discontinuité, jalonnée par du gypse et de l'ophite, jusqu'à la vallée du ruisseau de Freissinet (vallée nettement tectonique) dont elle occupe le thalweg jusqu'au NE de la cote 183 où l'Oligocène vient la recouvrir.

L'autre branche triasique est beaucoup moins continue, étant masquée fréquemment par l'Oligocène qui recouvre les pentes orientales de la chaîne de Fontfroide; toutefois on la suit sur près de 1^{km} au Nord de Montbilan, où elle repose sur des grès albiens redressés et supporte à l'Est une barre de calcaires dolomitiques gris du Lias inférieur. Il est certain que le Trias se poursuit vers le NE sous l'Oligocène pour aller se réunir, à l'Est de la cote

(¹) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 1083.

183, à la branche orientale que nous avons suivie précédemment : en effet, à 500^{m} au Nord de Trigobeuré, sur la rive gauche du ruisseau de Freissinet, une barre de calcaire du Lias inférieur émerge à nouveau des dépôts oligocènes et s'appuie sur le Trias qui la sépare des grès albiens de la chaîne de Fontfroide. Toute la série albienne de Fontcouverte, comprise dans le triangle rectangle formé par les deux branches triasiques que nous venons de décrire, doit être considérée comme une écaille du substratum de la nappe poussée à l'Ouest et ayant chevauché sur une série aptienne dont elle est séparée par un repli ou un copeau de la base de la nappe. Le côté Nord de ce triangle, suivant la vallée du ruisseau de Freissinet, semble correspondre à un décrochement, oblique par rapport à la direction des plis, entre la série en place et la série méridionale charriée.

Seuls les trois affleurements de Trias et de Lias, signalés le long du côté oriental du triangle, représentent la nappe, qui est recouverte presque entièrement par des dépôts postérieurs au charriage.

Entre le ruisseau de Freissinet et l'Étang de Treilles, la bande de Trias bordant la nappe est continue, toutefois le Lias de la série charriée n'émerge des poudingues oligocènes qu'à partir de Cabot : il est représenté surtout par des calcaires gris bleutés du Lias moyen et par des calcaires dolomitiques du Lias inférieur et s'appuie très régulièrement sur le Trias gypsifère qui le sépare de la série albienne de la chaîne de Fontfroide. Au Sud de Jonquières une lame de marnes grises fossilifères (*Turitella elegantissima* Rep., *Glauconia* sp. ?) du Cénomanien supérieur est pincée dans le contact anormal.

A partir de Jonquières, le Trias de la base de la nappe s'étale largement, occupant les petites plaines cultivées de Jonquières et de l'Étang de Treilles, et s'appuyant directement au Nord sur le Cénomanien. Quelques lames de calcaire gréseux à *Orbitolina subconcava* Leym ? probablement albien, sont pincés dans le contact. Sur le Trias, présentant de nombreux pointements d'ophite, reposent quelques lambeaux de calcaire du Lias dont les deux principaux sont teintés en Urgonien sur la feuille de Narbonne.

A l'Est de cette large zone triasique, une bande de grès glauconieux, très froissés, cénomaniens ou albiens, s'étend de Jonquières jusqu'à 500^{m} au Nord du chemin de Saint-Hippolyte : c'est une fenêtre correspondant à un bourrelet, à direction N-S, du substratum de la nappe affleurant au milieu du Trias. La Combe de Loup, plus au Nord, traverse une autre fenêtre analogue émergeant sous forme de dôme au milieu du Trias sur lequel s'appuient

à l'Est et au Nord les cargneules de l'Infra-Lias et les calcaires du Lias moyen. La nappe se relie ainsi à la région déjà étudiée dans une Note précédente [1].

CONCLUSION. — *Une nappe de charriage constituée par du Trias, du Lias et parfois des dolomies du Jurassique moyen, s'étend depuis la région de Durban jusqu'à l'Ouest de Narbonne. Il est probable que tous les affleurements triasiques, jurassiques ou crétacés qui émergent de l'Oligocène ou des terrains plus récents à l'Est de cette ligne, font partie de la nappe ou d'une unité tectonique supérieure.*

La direction du charriage est NW, ainsi que le prouvent la direction et le pendage des plis couchés de la chaîne de Fontfroide. Enfin l'âge du charriage est indiqué d'une façon précise par le chevauchement de la nappe sur le Lutétien moyen dans la région de Coustouge et par l'âge oligocène (Stampien?) des premiers dépôts transgressifs sur la région charriée.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Le Graben Central-Africain entre le lac Tanganika et le lac Albert-Édouard.* Note de MM. **F. Delhaye** et **A. Salée.**

Le Graben se poursuit sans interruption entre le lac Tanganika et le lac Albert. Les versants des Hörste déjà très sculptés, creusés de gorges profondes, sont soumis à une érosion torrentielle extrêmement vive, encore accentuée dans la partie la plus profonde correspondant au fossé du Tanganika. Mais la variété dans les caractères morphologiques du Graben est due aux particularités du fond, résultante de tous les phénomènes géologiques qui se sont succédé depuis sa formation.

La nappe d'eau du Tanganika (à 788^{m}) s'étend jusque 3°21′ de latitude Sud. Au delà, le fond du fossé émerge mais il a été entièrement nivelé par d'importants dépôts lacustres récents; il forme la plaine où coule la basse Rusizi. Cette plaine se relève lentement, jusque vers 1100^{m}, qu'elle atteint à son extrémité septentrionale, par 2°36′. Le fossé se termine en coin très aigu, pincé entre le Horst oriental et le seuil très oblique où coule la haute Rusizi. Dans la partie exondée du fossé, on observe deux seuils partiels : le plus méridional, celui du mont Tshamata, est formé par une chaîne étroite de collines gneissiques, de direction EW, qui se détache du Horst occidental ; le second, celui du mont Suria, constitue, au milieu

[1] *Comptes rendus*, t. **176**, 1923, p. 1170.

du fossé, un petit massif isolé de collines, formées de micaschistes et de quartzites.

La nappe d'eau du Tanganika occupe toute la largeur du fossé, ses rives sont rectilignes ou peu découpées. Cependant dans les échancrures des principales vallées affluentes, on observe d'une façon constante trois terrasses d'alluvions étagées. Mais sur le versant oriental nous avons relevé des nappes d'alluvions lacustres jusqu'à 340^{m} au-dessus du niveau du lac et cette dernière observation s'est trouvée confirmée par l'étude des terrasses de la région exondée.

Dans la partie septentrionale, les alluvions recouvrent d'importantes coulées basaltiques épanchées du seuil de la haute Rusizi. Sur le versant oriental (*mont Kantalule*) nous avons rencontré un lambeau isolé de ces mêmes coulées reposant sur des micaschistes et bien que fortement dénudé, s'élevant encore jusqu'à 285^{m} au-dessus de la plaine. *Le fossé du Tanganika s'est donc individualisé dans le grand Graben par un effondrement tardif, postérieur aux émissions volcaniques du sud du Kivu.*

Le fond du Graben se relève brusquement au seuil de la haute Rusizi et toute la partie du fossé qui s'étend au Nord, jusques et y compris le lac Albert, peut être considérée comme appartenant à une même unité tectonique, bien que la répartition des profondeurs du lac Kivu et quelques cassures locales indiquent des affaissements récents, mais n'intéressant que des voussoirs secondaires.

Le seuil de la haute Rusizi est fortement rétréçi au Sud par un éperon qui se détache du Horst occidental. Il est entièrement recouvert de puissantes coulées de laves basaltiques, qui s'épanouissent vers le Nord où elles occupent toute la partie méridionale du lac Kivu. Ces laves se sont écoulées dans une vallée d'érosion ancienne, creusée dans le Horst occidental et qui forme encore actuellement une fenêtre donnant accès du Kivu à la vallée de la Bimbi (Bassin de l'Ulindi). L'existence d'un relief ancien (*quartzite du mont Nyamagana*) apparaissant au milieu des laves et l'observation précédente montrent qu'à l'époque des premières éruptions du sud du Kivu le fond du Graben avait été déjà profondément entamé par l'érosion et qu'il était soumis à un régime fluvial.

Un second régime fluvial, celui-ci postérieur à l'édification du barrage volcanique précité, est indiqué par la topographie du seuil avec ses vallées marécageuses suspendues au-dessus de la vallée de la Rusizi où elles se déversent par chutes et par ses reliefs encore accentués. La vallée supérieure de la Rusizi est formée de deux tronçons de caractères et d'origines

bien différents. Le premier, d'une longueur de 24^{km}, s'étend du lac Kivu au confluent de la rivière *Miruba*, la Rusizi y rachète une différence de niveau de 170^{m}. La vallée, entièrement creusée dans les laves, est très encaissée, mais relativement large; la rivière y présente deux chutes assez espacées et des séries de rapides séparant des biefs calmes. Les versants très raides, parfois abrupts, sont localement garnis d'un épais revêtement d'alluvions lacustres; à la partie supérieure, ils s'évasent vers des terrasses anciennes, qui s'abaissent graduellement vers le Nord. Dans le second tronçon qui se termine au fossé du Tanganika pour une longueur de 14^{km}, la différence de niveau atteint 325^{m}. La vallée creusée d'une seule venue dans l'éperon de schistes cristallins est une gorge extrêmement profonde où la rivière devient un torrent écumeux.

Le réseau marécageux du seuil était donc drainé anciennement vers le Nord par une large vallée. Plus tard la vallée a été surcreusée, puis envahie par les eaux du lac Kivu et en partie comblée d'alluvions. Enfin il y a eu capture par un affluent torrentiel du Tanganika. Le second tronçon est donc le véritable émissaire du lac Kivu.

Le lac Kivu (à 1460^{m}) diffère essentiellement du Tanganika par ses contours sinueux, infiniment découpés et par ses îles nombreuses. Les vallées affluentes deviennent marécageuses aux abords du lac, puis sont noyées; les versants formant de longs promontoires et des chapelets d'îlots. Dans la partie septentrionale certaines vallées noyées jusque dans leur partie torrentielle prennent l'aspect de fjords. *Le lac Kivu est un lac de barrage, dont la nappe recouvre un ancien bassin fluvial.*

Le gigantesque barrage volcanique des Virunga au nord du Kivu, avec ses volcans encore actifs, présente, tant du côté du lac Kivu que du lac Albert, de nombreux petits volcans de formation sous-lacustre, mais actuellement émergés dont les appareils ont été recouverts et admirablement moulés par des tufs volcaniques finement stratifiés ou par des dépôts d'alluvions. Ces mêmes dépôts, parfois avec coquilles lacustres, se retrouvent sur le versant du Horst occidental jusqu'à l'altitude de 1650^{m}. *Le barrage des Virunga n'a donc pas créé le lac Kivu, mais il l'a séparé du lac Albert, avec lequel il formait antérieurement une seule et même nappe lacustre.*

Le *lac Albert* n'occupe plus au pied du Horst occidental qu'une faible partie de son immense plaine d'alluvion, qui se relève au Sud et à l'Est et présente en bordure des terrasses lacustres anciennes. Les alluvions de la plaine sont recouvertes par les coulées récentes des Virunga.

HYDROLOGIE. — *Relations entre la radioactivité, la température et la sulfuration des sources de Bagnères-de-Luchon. Hypothèse explicative.* Note de M. **Adolphe Lepape**, présentée par M. Ch. Moureu.

1. Au cours de recherches poursuivies à la station même (août-septembre 1920 et 1922) nous avons mesuré la température, la sulfuration et la radioactivité d'un certain nombre des sources de Bagnères-de-Luchon, choisies dans les différents groupes géologiques ou thérapeutiques.

Nous rassemblons dans le Tableau suivant les résultats obtenus (9 sources du Nord et 20 sources du Sud). Les données relatives à la radioactivité sont, pour la plupart, empruntées à nos publications antérieures [1]. Quant à la sulfuration, nous l'avons déterminée par le procédé iodométrique classique, en opérant sur de l'eau aspirée au fond du griffon. Ce que l'on mesure ainsi est le pouvoir réducteur global de l'eau minérale vis-à-vis de l'iode libre, nous l'exprimons en milligrammes de soufre total par litre. Dans chaque groupe, les sources sont rangées par ordre de radioactivités décroissantes, et pour chacune d'elles, nous indiquons la nature géologique du gisement : schistes (Sh.) ou Granit (Gr.) :

I. Sources du Nord.

	Température.		Sulfuration (mg. S total par litre).		Em. Ra., en 10^{-9} curie par litre d'eau à l'émergence.	
Sources.	1920.	1922.	1920.	1922.	1920.	1922.
Humages	»	39°,4	»	13,5	»	7,0
Ferras nouvelle (Gr.)	48°,5	46,5	»	16,3	5,9	»
Ferras ancienne (Gr.)	50,5	49,1	»	23,9	3,6	»
Enceinte (Gr.)	»	53,8	»	30,0	»	2,8
Blanche (Gr.)	57,1	53,5	»	27,8	1,3	»
Bayen (Sh.)	63,6	63,0	»	30,9	0,85	»
Richard nouvelle (Sh.)	»	53,1	»	26,3	»	0,7
Grotte supérieure (Sh.)	»	58,0	»	26,8	»	0,6
Étuves (Sh.)	»	57,8	»	25,1	»	0,4

II. Sources du Sud. — 1. *Groupe des Tièdes du Sud.*

Lepape (Gr.)	29,3	29,4	0,6?	néant	41,5	39,2
Tiède n° 1 (Gr.)	32,2	31,5	»	0,85	19,0	»

(1) A. Lepape, *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 731 ; t. 176, 1923, p. 1702.

I. Sources du Nord (*suite*).

Sources.	Température. 1920.	Température. 1922.	Sulfuration (mg. S total par litre). 1920.	Sulfuration (mg. S total par litre). 1922.	Em. Ra., en 10^{-9} curie par litre d'eau à l'émergence. 1920.	Em. Ra., en 10^{-9} curie par litre d'eau à l'émergence. 1922.
2. Groupe Bosquet.						
Bosquet nº 4 (Gr.).........	34,2	34,9	14,1	14,1	27,4	»
» nº 5 (Gr.).........	35,5	35,1	30,9	25,0	22,45	»
» nº 3 (Sh.).........	40	39,1	21,3	18,6	9,6	»
» nº 7 (Sh.).........	39,5	39,5	17,8	17,8	7,9	»
3. Groupes Bordeu et du Pré.						
Bosquet nº 8 (Gr.).........	35,5	34,8	2,95	1,75	24,3	26,0
Bordeu nº 6 (Gr.).........	39,4	39,5	25,0	22,1	26,2	20,4
» nº 4 (Gr.)..........	41,3	41,0	16,7	15,9	19,8	»
» nº 3 (Gr.)..........	41,3	37,2	»	3,8	19,3	»
» nº 1 (Gr.)..........	44,0	43,9	5,5	5,5	18,9	16,6
» nº 7 (Gr.)..........	46,1	44,2	24,8	29,1	15,9	»
» nº 5 (Gr.)..........	38,3	38,1	»	24,7	15,1	»
» nº 2 (Gr.)..........	47,2	47,2	13,4	13,5	12,2	11,5
Saule nº 1 (Gr.)............	51,5	51,2	»	25,0	10,8	»
Pré nº 3 (Gr.).............	43	42,5	»	30,8	10,3	»
Pré nº 2 (Gr.).............	50,5	50,5	»	29,4	10,2	»
Bordeu nº 12 (Gr.).........	55,1	51,6	»	29,0	10,1	»
Saule nº 2 (Gr.)...........	»	56,3	»	28,0	»	6,3
Pré nº 1 (Gr.).............	60	60,3	»	32,0	»	4,85

2. Voici quelques-unes des remarques auxquelles l'examen d'ensemble de ce Tableau conduit immédiatement :

1° Les sources qui émergent des schistes sont notablement moins radioactives que celles qui naissent dans le granit, fait que l'on observe très généralement;

2° Sauf rares exceptions, les sources sont d'autant plus radioactives que leur température est moins élevée;

3° La sulfuration croît généralement avec la température;

4° Pour la plupart des sources (les 9 sources du Nord et 12 sources du Sud), *la radioactivité varie en sens inverse de la température et de la sulfuration;*

5° Pour les autres sources étudiées : Bosquet, nos 3, 4, 5 et 7, Bordeu, nos 4, 5, 6 et 7, la radioactivité semble aussi varier en sens inverse de la température, mais dans le même sens que la sulfuration.

3. L'observation directe des faits établit qu'il existe à Bagnères-de-Luchon deux espèces d'eaux minérales très différentes : 1° *des eaux profondes, à thermalité et à sulfuration élevées et à radioactivité sensiblement nulle* (source-type : Bayen); 2° *des eaux superficielles, froides ou tièdes, non sulfurées, mais très radioactives et qu'on ne rencontre que dans le terrain eruptif* (source-type : Lepape).

Les remarques précédentes conduisent à admettre que la plupart des eaux intermédiaires sont formées par des mélanges, en proportions diverses, de ces deux types extrêmes, la possibilité du mélange étant conditionnée par la nature du terrain. C'est ainsi que l'imperméabilité des bancs de schistes, en préservant de l'accès des eaux superficielles très radioactives, les eaux profondes très sulfurées, permet à celles-ci de jaillir sensiblement pures aux sources qui émergent des schistes. Les fissures du granit, au contraire, livrent passage aux deux espèces d'eaux et de là naissent les sources à gamme très étendue de température, de sulfuration et de radioactivité que l'on rencontre dans les galeries des sources du Sud, creusées dans cette roche.

Aux quelques sources à thermalité moyenne et à sulfuration et radioactivité élevées (voir ci-dessus, 5°), l'hypothèse précédente ne semble pas devoir s'appliquer et leur origine est probablement différente.

Il est fort rare que l'on puisse mettre ainsi en évidence quelque relation systématique entre la radioactivité et l'une ou plusieurs des autres propriétés de l'eau d'un groupe de sources thermales.

HYDROLOGIE. — *Mesure du degré d'ionisation des eaux minérales.* Note de MM. **Allyre Chassevant** et **Choucchak**, présentée par M. Charles Moureu.

On peut obtenir facilement le taux d'ionisation d'une eau minérale par le calcul, en utilisant :

1° Les résultats de l'analyse quantitative;

2° Ceux de la mesure de résistivité électrique ou de son inverse, la conductibilité électrique.

Ces méthodes de calcul permettent d'utiliser les documents déjà publiés par divers auteurs, de vérifier l'exactitude des mesures effectuées et de comparer entre elles les sources de diverses stations ayant des constitutions analogues.

Il faut calculer les résultats de l'analyse quantitative en ions-grammes par litre, ce qui permet d'obtenir :

1° *Le nombre de chacun des ions*, en divisant le poids de chaque ion par son poids ionique (somme des poids atomiques des corps simples constitutifs de l'ion).

2° Le poids moyen de l'*anion type*, rapport de la somme des anion-grammes à leur nombre a_T.

3° Le poids moyen du *cation type*, rapport de la somme des cations-grammes à leur nombre c_T.

4° Le *poids moléculaire type* de l'eau minérale, somme des poids moyens de l'anion et du cation type,

$$M_T = a_T + c_T.$$

5° La *concentration moléculaire moyenne*, rapport de la somme des poids des ions-grammes au poids moléculaire type

$$C_m = \frac{P_a + P_c}{M_T}.$$

6° Le nombre des équivalents électrolytiques est égal au nombre des ions pour les ions monovalents, au double du nombre des ions pour les ions bivalents, et au triple pour les ions trivalents.

La valeur de la mobilité électrolytique de ces équivalents s'obtient en multipliant leur nombre par leur mobilité spécifique.

La mobilité spécifique de l'équivalent électrolytique moyen type de l'eau minérale, s'obtient en divisant la somme des mobilités des équivalents électrolytiques par leur nombre.

On obtient ainsi :

La mobilité équivalente des ions électronégatifs : l_A;

La mobilité équivalente des ions électropositifs : l_C.

La somme de ces mobilités est la conductivité limite de l'eau minérale, en supposant l'ionisation complète :

$$\Lambda_\infty = l_A + l_C.$$

7° La concentration équivalente électrolytique est la moyenne arithmétique des équivalents électropositifs et des équivalents électronégatifs.

$$\frac{E_A + E_C}{2} = C_{éq}.$$

8° La résistivité électrique spécifique ρ est obtenue expérimentalement suivant la méthode de Kohlrausch.

9° La conductivité équivalente de l'eau minérale est égale à

$$\Lambda = \frac{1000}{\rho . C_{\text{éq.}}}.$$

Le taux ou *degré d'ionisation* est égal au rapport de la conductivité équivalente et de la conductivité limite :

$$\frac{\Lambda}{\Lambda_\infty} = \alpha.$$

Ce coefficient α permet de calculer le facteur de Van't Hoff et d'obtenir par calcul le point cryoscopique; en appliquant la formule de Raoult, ce coefficient permet aussi de calculer le point ébullioscopique et la pression osmotique.

Ce qui permet de vérifier mutuellement l'exactitude de ces diverses mesures expérimentales.

Exemple :

Eau de Vichy Célestins (analyse quantitative faite par M. Hanriot).

Ions.	Poids.	Nombre.	Eq. électrolytiques.		Mobilité.
Anions.					
HCO^3	3,382	0,0554	0,0554	69	3,822
Cl.	0,2565	0,00725	0,00725	65,44	0,474
SO^4	0,1634	0,0017	0,0034	68,7	0,233
SiO^3	0,037	0,0005			
	3,8389	0,06485	0,06605		4,530
		$a_T = 59,20$,	$l_A = 68,59$.		
Cations.					
Na	1,2935	0,0560	0,0560	43,55	2,439
K.	0,0897	0,0023	0,0023	64,67	0,148
Li.	0,0020	0,0003	0,0003	33,44	0,010
Mg.	0,0080	0,0003	0,0006	46,1	0,027
Ca.	0,1481	0,0037	0,0074	52,06	0,385
	1,5587	0,0632	0,0666		3,009
H.		0,554			
		0,1186			
		$c_T = 24,67$,	$l_C = 45,18$.		

Conductibilité limite : $113,77 = \Lambda_\infty$.
Poids moléculaire type $83,87 = M_T$.
Concentration moléculaire moyenne $C_m = 0,06435$.
Concentration équivalente $C_{\text{éq.}} = 0,0663$.
Nombre des ions produits par la dissociation totale de la molécule moyenne $k = 2,85$.

Auteurs.	Résistivité électrique.	Conductibilité équivalente.	Taux d'ionisation pour 100.
Chassevant et Poirot-Delpech...	264	57,13	50,22
Francina......................	229,9	66,76	57,8
Viallier-Raynard.............	218	69,18	60,82

Le taux de l'ionisation varie de 60,82 à 50,22 pour 100.

L'un de nous a démontré antérieurement ([1]) que la résistivité électrique augmente dans les eaux après leur émergence, pour atteindre un équilibre de stabilisation.

Les mesures de MM. Chassevant et Poirot-Delpech ont été faites sur les eaux transportées, celles de Viallier-Raynard sur les eaux à la station même.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la prévision locale du temps.*
Note de M. **de Montessus de Ballore**, présentée par M. Bigourdan.

M. Besson a eu l'obligeance de me communiquer la minute de son travail sur la prévision du temps ([2]) : cela m'a permis de développer l'application de la probabilité renforcée à ce problème et de résoudre une question qui me paraissait douteuse.

I. L'étude des Tableaux à double entrée : pression et variation de pression, pression et direction du vent, direction du vent et variation barométrique, température et nébulosité, pression et nébulosité, variation de pression et nébulosité, direction et vitesse du vent, où les δ sont, en moyenne :

$$-0,03;\quad -0,04;\quad -0,025;\quad -0,05;\quad -0,01;\quad -0,04;\quad -0,001,$$

montre que la pression, la variation de pression, etc. dépendent pour les $\frac{9}{10}$ (autant qu'on puisse le chiffrer) d'un même phénomène initial et pour $\frac{1}{10}$ de phénomènes secondaires. Il y a peut-être exception pour : direction du vent et vitesse du vent, où la moyenne du δ tombe à 0,001. Je n'avais pu me prononcer à ce sujet.

II. Contrairement à une opinion courante, la hauteur barométrique prévaut — dans les limites des statistiques de M. Besson — sur la variation de pression, comme indice de prévision du temps.

([1]) Allyre Chassevant, *Modification de l'ionisation des eaux minérales au sortir des Griffons* (*Ann. Soc. Hydrologie*, t. 61, p. 24, Paris 1919).

([2]) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1640.

III. La probabilité renforcée s'applique aux Tableaux à double entrée, à triple entrée; on peut aussi concevoir un artifice simple permettant de vérifier qu'elle s'applique aux Tableaux à quatre dimensions. Elle résout donc, dans les cas étudiés, et certainement dans des cas beaucoup plus étendus, touchant à toutes les sciences expérimentales (Météorologie, Médecine par exemple), le problème de la composition des probabilités simples.

IV. *Au point de vue de la prévision locale du temps*, l'application du principe de la probabilité renforcée montre que le meilleur élément de prévision est la direction du vent; viennent ensuite, par ordre d'importance décroissante : la hauteur barométrique, la vitesse du vent, la variation de pression, la nébulosité.

Pour fixer les idées, posons les conditions assez sévères que voici : selon que la probabilité de pluie sera plus grande que 0,90; comprise entre 0,81 et 0,90; entre 0,71 et 0,80; entre 0,61 et 0,70; 0,40 et 0,60; 0,30 et 0,39; 0,20 et 0,29; 0,10 et 0,19; inférieure à 0,10, — on annoncera : PLUIE, *pluie*, pluie, pluie (?), douteux, beau (?), *beau*, BEAU.

Eh bien, voici ce que permettent d'annoncer les probabilités simples, doubles, quadruples, ces dernières grâce à la probabilité renforcée, et toujours, répétons-le, dans la limite des 21 hivers, à Paris (décembre, janvier, février) sur lesquels portent les statistiques de M. Besson :

On annoncera :	I.		II.		III.		IV.	
PLUIE dans.....	»	des cas	»	des cas	»	des cas	0,15	des cas
Pluie dans.....	0,01	»	»	»	0,16	»	0,15	»
Pluie dans.....	0,12	»	0,09	»	»	»	0,07	»
Pluie (?) dans..	0,01	»	0,08	»	0,17	»	0,08	»
Douteux dans..	0,54	»	0,34	»	0,20	»	0,05	»
Beau (?) dans...	0,20	»	0,17	»	0,14	»	0,08	»
Beau dans.....	0,01	»	0,21	»	0,16	»	0,07	»
Beau dans.....	0,11	»	0,01	»	0,17	»	0,15	»
BEAU dans......	»	»	»	»	»	»	0,15	»

I. D'après la hauteur barométrique seule. — II. D'après la direction du vent seule. — III. D'après la direction du vent et la hauteur barométrique. — IV. D'après la direction du vent, la hauteur barométrique, la vitesse du vent et la variation de pression [1].

---

[1] Chiffre estimé, le Tableau expérimental à quatre entrées n'ayant pas encore été construit.

On remarquera principalement que la proportion des cas « douteux » diminue constamment d'une colonne à l'autre.

Il se pourrait que l'adjonction d'un cinquième élément, en dehors de la température et de la nébulosité, qui sont à peu près inopérants, fasse passer l'ensemble PLUIE, *pluie*, *beau*, BEAU (qui de la colonne I à la colonne IV est amené progressivement de 0,12 à 0,60) à 0,80. Si ce résultat était obtenu, la prévision *locale* deviendrait très bonne.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'adaptation des plantes à la durée de la période claire de la journée.* Note (1) de M. V. **Lubimenko** et Mlle O. **Szegloff**, présentée par M. Molliard.

On sait que le travail photochlorophyllien chez les plantes vertes est limité par la durée de la période claire de la journée.

Nous avons entrepris des recherches pour savoir s'il n'existe pas une adaptation chez les plantes de diverses latitudes géographiques à la durée de la période claire de la journée, une adaptation par rapport à la photosynthèse.

Notre but dans la première série d'expériences a été de déterminer l'influence que peut avoir le raccourcissement de la période claire de la journée sur la croissance et la production de la substance sèche chez les différentes espèces.

Dans ce but les plantules de *Phaseolus vulgaris*, d'*Hordeum vulgare* et de *Sinapis alba* ont été plantées dans des pots ordinaires et divisées en cinq lots.

Le premier lot a servi pour le contrôle; la durée de la période claire de la journée pour ce lot au cours de l'expérience variait de 12 à 16 heures, ce qui donnait comme durée moyenne 14 heures de la période claire.

Le second lot a été exposé à la lumière du jour de 7h du matin à 5h du soir; pour ce lot la durée de la période claire a été égale à 10 heures. Pendant 14 heures par jour les plantes de ce lot se trouvaient dans la chambre noire.

Pour les autres lots la durée des périodes claires a été égale respectivement à 8, 6 4 heures par jour, divisées en deux moitiés égales, avant et après midi.

La durée des nuits, pour les divers lots des plantes, a été respectivement égale à 10, 14, 16, 18 et 20 heures. L'expérience a duré du 1er août au 20 septembre.

L'expérience terminée, les plantes ont été enlevées des pots et soumises à une analyse détaillée.

(1) Séance du 18 juin 1923.

Contrairement à ce qu'on aurait pu supposer, la longueur de la tige diminue avec la prolongation de la durée de la période obscure. Chez l'*Hordeum*, ainsi que chez le *Sinapis*, la tige portant des fleurs ne s'est développée que chez les plantes de contrôle.

Le nombre total des feuilles pour une plante atteint son maximum à une durée de 8 à 10 heures de la période claire. Il est intéressant aussi de constater que la surface d'un seule feuille atteint son maximum à la même durée de la période claire.

L'*Hordeum* et le *Sinapis* n'ont donné de fleurs que chez les exemplaires témoins; on peut donc les considérer comme des espèces d'une longue période claire de la journée dans le sens de M. Garner et M. Allard. Au contraire, le *Phaseolus* a donné des fleurs dans tous les lots, la différence entre les divers lots ne se manifestant que par le nombre des fleurs.

Voici les chiffres montrant le nombre moyen des fleurs pour une plante :

	Durée de la période claire.				
	14^h.	10^h.	8^h.	6^h.	4^h.
Nombre de fleurs pour 100.........	100	211	190	100	11

Le *Phaseolus vulgaris* appartient donc à la catégorie des espèces adaptées à la courte période claire de la journée. Une différence très marquée entre les espèces étudiées a été constatée aussi dans la production de la substance sèche. Nous donnons ci-dessous le poids sec moyen d'une seule plante suivant la durée de la période claire.

	Durée de la période claire.				
	14^h.	10^h.	8^h.	6^h.	4^h.
Poids sec d'une plante, pour 100 :					
Phaseolus.................	100	153	138	76	20
Hordeum.................	100	84	66	40	11
Sinapis.................	100	65	53	24	2,4

On voit par ces chiffres qu'il existe pour le *Phaseolus vulgaris* une longueur optima de la période claire égale à 10^h; une période plus longue retarde le travail photochlorophyllien. Chez les deux autres espèces, au contraire, la prolongation de la période claire jusqu'à 14^h augmente la production de la substance sèche.

Au point de vue physiologique il était intéressant de déterminer l'énergie de la production de la substance sèche pour l'unité du poids sec des feuilles.

Dans le Tableau suivant nous donnons en grammes la quantité de substance sèche produite par 1^g du poids sec des feuilles au cours d'une

heure de la période claire de l'expérience, c'est-à-dire pendant 50 heures d'éclairement.

	Durée de la période claire.				
	14h.	10h.	8h.	6h.	4h.
Phaseolus.............	0,24	0,38	0,44	0,54	0,53
Hordeum..............	0,32	0,25	0,27	0,34	0,38
Sinapis................	0,27	0,17	0,24	0,26	0,29

Ces chiffres nous montrent que l'énergie du travail photochlorophyllien chez le *Phaseolus* s'accroît considérablement avec le raccourcissement de la période claire. Le même phénomène se manifeste chez l'*Hordeum* et le *Sinapis* mais seulement pour les plantes qui n'ont pas fleuri; la floraison chez ces deux espèces provoque uue augmentation sensible dans la photosynthèse.

Pour se rendre compte, dans ce cas, de l'influence probable de la concentration de la chlorophylle, nous avons déterminé par notre méthode spectrocolorimétrique la quantité de pigment dans les feuilles de *Phaseolus* et d'*Hordeum*.

Dans le Tableau suivant nous donnons la quantité relative de chlorophylle pour l'unité du poids des feuilles ainsi que la quantité de la substance sèche rapportée à l'unité du poids de pigment pour 1 heure claire, c'est-à-dire pour 50 heures d'éclairement.

	Durée de la période claire.				
	14h.	10h.	8h.	6h.	4h.
Quantité de chlorophylle, pour 100 :					
Phaseolus..........................	100	91	102	83	58
Hordeum...........................	100	68	87	75	40
Quantité de la substance sèche, pour 100 :					
Phaseolus..........................	100	176	186	260	440
Hordeum...........................	100	115	100	127	300

On voit par ces chiffres que la concentration de la chlorophylle diminue considérablement surtout à une durée très courte de la période claire; mais, l'énergie assimilatrice, rapportée à l'unité du poids de pigment, atteint son maximum précisément à cette même durée.

De toutes les données de l'expérience on peut tirer les conclusions suivantes :

1° Les plantes vertes montrent une adaptation spécifique à la durée de la période claire de la journée;

2° Cette adaptation se manifeste non seulement dans la marche générale

du développement, mais aussi dans le développement relatif des principaux organes de la plante, ainsi que dans la production de la substance sèche;

3° C'est seulement à une durée optima de la période claire que la plante atteint le développement le plus fort dans toutes ces parties et produit une quantité maxima de la substance sèche ;

4° La lumière, servant de force motrice dans la photosynthèse, retarde en même temps d'autres réactions chimiques, nécessaires à l'utilisation des substances hydrocarbonées, accumulées dans le tissu de la feuille. C'est pourquoi l'énergie assimilatrice, exprimée par la production de la substance sèche et calculée pour l'unité de poids sec des feuilles ou pour l'unité de la chlorophylle, s'accroît quand la durée de la période claire diminue ;

5° Il est très probable que la variabilité de l'éclairement naturel qui existe dans les régions de différentes latitudes du globe pendant la saison de végétation est la cause directe de l'adaptation des plantes à la durée de la période claire de la journée.

PHYSIOLOGIE. — *Hémodynamométrie veineuse. Hémodynamométrie cardiaque.* Note de **Louis Desliens**, présentée par M. Henneguy.

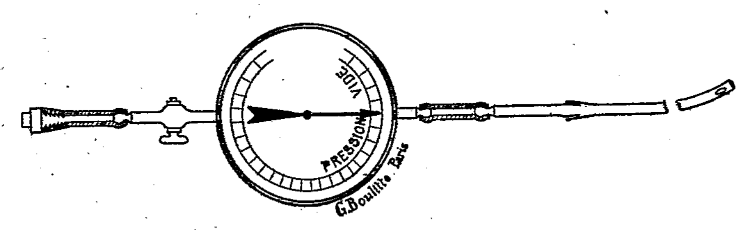
L'hémodynamomètre que nous avons décrit précédemment se prête aussi bien à l'étude précise de la pression du sang dans les veines et dans les cavités du cœur qu'à l'étude de la pression du sang dans les artères.

1° *Hémodynamométrie veineuse.* — Rien n'est plus facile pour déterminer la valeur de la pression dans une veine ou suivre ses variations que de ponctionner le vaisseau à l'aide d'une aiguille exploratrice ou d'un fin trocart et de le mettre en communication avec notre hémodynamomètre.

Pour les fortes pressions veineuses, nous utilisons volontiers le même hémodynamomètre que pour la pression artérielle, gradué en centimètres de mercure. Mais pour les pressions veineuses faibles ou négatives ou pour la recherche des petites oscillations de pression, nous utilisons de préférence un hémodynamomètre à vide et pression gradué en centimètres d'eau.

2° *Exploration courante du cœur et des vaisseaux profonds.* — Notre hémodynamomètre s'applique fort bien et très fructueusement à l'exploration des parties profondes de l'appareil circulatoire, surtout chez les grands animaux. Adaptons à l'extrémité inférieure de l'hémodynamomètre artériel ou veineux une longue sonde en toile gommée, creuse, flexible, dépourvue d'élasticité, présentant plusieurs ouvertures à son extrémité libre (identique aux sondes

urétérales utilisées chez l'homme); remplissons de liquide l'appareil et la sonde; implantons un trocart de haut en bas à travers la peau dans la veine jugulaire; introduisons dans la canule du trocart la sonde qui prolonge l'hémodynamomètre. Dès que l'extrémité de la sonde pénètre dans la veine, la flèche manométrique donne la valeur de la pression veineuse et indique ses variations.



Faisons glisser la sonde; l'exploration porte bientôt sur la veine cave antérieure. Plongeons la sonde un peu plus profondément, elle pénètre dans l'oreillette droite; l'instrument donne alors la mesure exacte de la pression auriculaire et de ses variations. Continuons à pousser la sonde un peu plus loin, son extrémité franchit sans difficulté l'orifice auriculo-ventriculaire, entre dans le ventricule; subitement les oscillations de la flèche manométrique deviennent plus brusques et de plus grande amplitude; elles font voir la forme de la pulsation ventriculaire. Ce sont les phénomènes de la petite circulation qui deviennent accessibles cinématiquement et dynamiquement.

Nous avons même réussi, en poussant notre sonde encore plus avant, à lui faire franchir l'orifice pulmonaire. Cette fois c'est au sein de la petite circulation même que plonge notre sonde investigatrice.

Au lieu d'une sonde très flexible, si nous introduisons dans la jugulaire une longue sonde un peu plus rigide, nous pouvons passer de la veine cave antérieure dans la veine cave postérieure et explorer ce dernier vaisseau jusqu'aux veines iliaques.

Même l'aorte postérieure est explorable dans des circonstances courantes. A l'occasion de l'amputation de la queue, qu'on pratique sur presque tous les chevaux, l'artère coccygienne médiane, béante, laisse échapper un gros jet sanguin. Il est facile d'introduire dans cette artère la canule d'un petit trocart et d'appliquer l'hémodynamomètre pour l'étude de la pression dans ce vaisseau ; ou bien on peut introduire l'extrémité d'une sonde relativement fine et longue, en relation avec l'hémodynamomètre ; en poussant la sonde, son extrémité parcourt successivement les artères coccygienne médiane, sous sacrée iliaque interne, gagne l'aorte postérieure.

Qu'il s'agisse de notre méthode hémodynamométrique appliquée aux artères (carotides) ou aux veines superficielles, ou de nos procédés d'exploration des gros troncs veineux et des cavités droites du cœur, nous ne portons aucun dommage aux animaux en observation. L'introduction de nos sondes dans la veine jugulaire ne nécessite pour toute mutilation que la simple piqûre d'un trocart ordinaire. Nous ne pouvons ainsi aborder l'étude dynamique des phénomènes cardiaques avec un matériel incomparablement plus simple et d'une façon beaucoup plus courante et aussi plus exacte qu'on ne saurait le faire à l'aide de sondes cardiographiques que Chauveau et Marey utilisèrent dans leurs mémorables expériences.

Sur des animaux d'expérience seulement, après dissection de la carotide, nous pouvons explorer le ventricule gauche ; la sonde glisse dans le tronc céphalique, dans l'aorte antérieure, puis gagne volontiers l'orifice aortique plutôt que l'aorte postérieure, se heurte aux valvules sigmoïdes, mais après quelques tâtonnements elle franchit le barrage valvulaire au moment d'une systole du ventricule.

PHYSIOLOGIE. — *Sur l'origine des accidents provoqués chez l'homme par les fortes dépressions atmosphériques et sur la protection de l'aviateur contre les troubles d'ordre anoxhémique.* Note de M. J. **Beyne**, transmise par M. Charles Richet.

L'avion peut, actuellement, évoluer à des altitudes telles que la protection du pilote contre les effets de la dépression atmosphérique devient une nécessité primordiale. Aux accidents d'ordre anoxhémique, on peut parer d'une façon efficace par l'emploi d'appareils à inhalation d'oxygène, mais encore faut-il que ceux-ci soient, à la fois, bien construits et rationnellement réglés.

Nous avons cru pouvoir proposer [1], comme base physiologique du réglage en fonction de l'altitude des appareils inhalateurs d'oxygène, une formule à laquelle nous étions conduit par les données classiques de la physiologie et par des recherches expérimentales personnelles. Nous avons estimé, en effet, que les échanges respiratoires conserveraient, chez l'homme, un taux normal si, à chaque altitude envisagée, on rétablissait, dans l'air inspiré,

[1] *Contribution à l'étude des bases physiologiques en réglage des appareils à inhalation d'oxygène en altitude* (*Archives de Médecine et de Pharmacie militaires*, t. 77, n° 2, août 1922).

une tension partielle d'oxygène équivalente à 21 pour 100 d'atmosphère, c'est-à-dire à celle qui existe au niveau de la mer; d'autre part nous avons montré que, durant l'inspiration, le débit aérien présente, à une certaine phase, une valeur maximum qui correspond, chez l'homme normal, au repos, à 400^{cm^3} d'air par seconde. Partant de ces données, nous avons déterminé les quantités de gaz qu'un distributeur d'oxygène doit, dans l'unité de temps, déverser dans le courant d'air inspiré, pour y maintenir, à toutes les altitudes, une tension partielle d'oxygène au moins égale à 21 pour 100 d'atmosphère.

Ces quantités, qu'exprimerait graphiquement une courbe sensiblement parabolique, représentent en chiffres ronds :

A l'altitude de	3000^m	108^l par heure
»	4000	135 »
»	5000	159 »
»	6000	178 »
»	7000	197 »
»	8000	212 »
»	9000	225 »
»	10000	236 »

Soumis au contrôle expérimental, en caisson à dépression atmosphérique, ces débits d'oxygène paraissent satisfaire entièrement aux besoins organiques de l'homme au repos. Et cependant, dans quelques cas rares, on observe, à des dépressions correspondant aux altitudes supérieures à 8000^m, surtout si ces dépressions varient avec rapidité, des accidents nets : vertige brusque, troubles vaso-moteurs importants, parfois syncope.

La production de ces accidents, malgré l'inhalation de quantités d'oxygène qui, théoriquement, paraissent suffisantes, doit-elle être imputée à une insuffisance d'oxygène, ou relève-t-elle d'autres facteurs que fait intervenir la mise en dépression de l'organisme?

D'aucuns, considérant comme sans influence les effets mécaniques de la dépression, se rallient à la première hypothèse. Nous avons été orienté vers la seconde par l'expérience suivante :

Nous avions soumis, en caisson, à une dépression atmosphérique progressive, un pilote sain et très vigoureux, pour apprécier la limite dans laquelle il pouvait tenter, en avion, une épreuve de record d'altitude. L'inhalateur dont il était muni ne fournissait pas exactement les quantités d'oxygène précitées, mais avait été réglé de telle sorte que le débit d'oxygène, un peu inférieur à nos chiffres au-dessous de 10000^m, leur devienne nettement

supérieur au-dessus de cette altitude et atteigne 270 litres-heure à 11000^m.

Le sujet ayant eu une syncope brusque à 11200^m, c'est-à-dire à un régime où, dans l'air de son inspiration, l'inhalateur rétablissait une *tension partielle d'oxygène supérieure à celle de l'altitude zéro*, nous avons rapidement diminué la dépression. Le sujet a entièrement repris ses sens à la dépression correspondant à 7500^m; or, à ce moment-là, la tension partielle d'oxygène que rétablissait l'inhalateur dans l'air inspiré était *nettement inférieure à celle de l'altitude zéro*.

En conséquence, le rôle primordial dans la genèse de cet accident nous a paru joué, non par l'anoxhémie, mais par d'autres facteurs, d'ordre mécanique en particulier. Et nous avons recherché alors si, lorsque ces facteurs étaient éliminés, les taux d'oxygène que nous proposions correspondaient, quel que fût le déficit de l'oxygène atmosphérique, aux besoins de l'organisme humain.

Le calcul que nous avions utilisé pour nos évaluations théoriques [1] indique que, pour une atmosphère qui serait totalement dépourvue d'oxygène, il suffirait, pour maintenir chez l'homme des échanges respiratoires normaux, de faire arriver dans le masque respiratoire un courant d'oxygène de 302^l,4 à l'heure, soit sensiblement 5^l par minute.

Maintenant des hommes à la pression atmosphérique de l'altitude de Paris, nous les avons fait respirer dans une atmosphère d'azote pur par l'intermédiaire d'un masque muni de soupapes de Tissot, masque dans lequel arrivait un courant, régulier et continu, de 5^l d'oxygène par minute. Les résultats ont été constants : les sujets en expérience, même ceux de grande taille, n'ont éprouvé aucun malaise; à certains nous avons même pu faire exécuter sans gêne un travail musculaire de 30^{kgm} par minute pendant plusieurs minutes. Enfin, dans un groupe d'expériences, nous avons pu réduire le débit d'oxygène à 3^l,5 par minute, c'est-à-dire à un taux ne rétablissant plus dans l'air inspiré que la tension partielle d'oxygène qui se rencontre à 3000^m, altitude encore supportée sans accidents par la plupart des hommes.

L'ensemble de ces constatations semble pouvoir nous permettre les conclusions suivantes :

1° Chez l'homme, en dépression atmosphérique, un taux sensiblement normal d'échanges respiratoires peut être maintenu par l'emploi d'appareils à inhalation d'oxygène dont le débit rétablit dans le courant d'air

---

(1) *Loc. cit.*

inspiré, à toutes ses phases, une tension partielle d'oxygène voisine de 21 pour 100 d'atmosphère.

2° Les accidents observés chez l'homme soumis à une dépression atmosphérique importante et variable relèvent, pour une part, de l'anoxhémie; mais lorsque les besoins d'oxygène de l'organisme sont satisfaits il peut néanmoins persister ou apparaître des troubles imputables à d'autres facteurs. Parmi ces derniers la part qui revient à l'acapnie de Mosso et à des phénomènes vaso-moteurs spéciaux demeure à déterminer et ce point fait l'objet de nos recherches actuelles.

ÉNERGÉTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Organisation du travail à la pelle.* Note de M. **Jules Amar**, transmise par M. Charpy.

Nous avons étudié, suivant notre méthode physiologique, les conditions du *travail à la pelle*, afin de déterminer les facteurs du meilleur rendement, sans surmenage.

On a, par conséquent, varié la vitesse du travail, le poids de terre enlevée, les intervalles de repos et d'activité, et, dans chaque cas, l'on a évalué en regard la *dépense d'énergie*. Cette dépense se déduit de la quantité d'oxygène consommé. Enfin, l'enregistrement des respirations dénonce les signes du surmenage ou même de grande fatigue.

D'autre part, notre *pelle dynamographique* fournit la valeur des efforts nécessaires pour enfoncer l'outil dans le tas de sable ou de cailloux, le mouvoir, le soulever à différents niveaux. Et des photographies instantanées fixent les attitudes du corps les plus favorables au travail (1).

I. Le problème du *pelletage* fut analysé par Taylor selon sa méthode connue : employer diverses pelles et pelletées jusqu'à trouver celles qui assurent le meilleur rendement. Cela suppose, évidemment, *l'égalité de fatigue;* on pourrait dire alors que telle pelletée accroît le rendement, sans augmenter la fatigue dans la même proportion. Mais, tandis que la mesure de l'énergie dépensée et les indices respiratoires nous donnent, à nous, cette base scientifique, on la cherche vainement dans Taylor. Ou plutôt, la voici : « Il faut, dit-il aux ouvriers, qu'à la fin du jour vous ne vous sentiez pas exténués, mais que vous soyez néanmoins contents de vous reposer. Dès que vous sentez que vous allez dépasser la limite de votre

(1) Consulter, pour les développements, notre *Moteur humain*, 2e édition, Dunod; Paris, 1923 (p. 609 à 626).

endurance, ralentissez. » Ce critérium, fait de confiance et d'à peu près, ne suffit pas à la science. Et là vraiment est le caractère incomplet, empirique du Taylorisme.

II. Nous avons donc repris, dans plusieurs chantiers parisiens, l'analyse du pelletage.

Le sable est mis en tas à l'air libre. L'ouvrier charge la brouette en se servant d'une pelle 6 *points*, ayant $0^m,36$ de large et $0^m,32$ de long. Le chargement exige 10 à 11 pelletées de 10^{kg} chacune, à raison de 4,3 secondes par pelletées. Ainsi, une brouette de 71^l se trouvait prête en 2 minutes environ, vu que l'ouvrier se reposait 1 minute après 7 pelletées successives.

Guidé constamment par les mesures de fatigue, j'ai pu faire charger la brouette d'un seul trait, à raison de 2,5 secondes seulement la pelletée, et 1 minute de repos par brouettée. Dans ce but, le travailleur, choisi de préférence parmi les grandes tailles, exécute ce *pelletage horizontal* en tenant son outil incliné sur l'axe vertical du corps d'environ 110° (mesurés sur instantanés); le manche coupe cet axe à hauteur de la ceinture. Le bras le plus fort, généralement le gauche (ces terrassiers comptant de nombreux gauchers et ambidextres), est du côté du fer, et s'écarte peu du corps, la main à $0^m,60$ du bout du manche; l'autre bras appuie sur ce bout comme par un jeu de levier. En général, le poids du corps intervient pour enfoncer l'outil, d'où l'avantage d'une attitude qui porte le centre de gravité de l'homme légèrement en avant. Et cela est très profitable aussi à la respiration qui s'amplifie par le jeu thoracique seul.

En disposant une planche dure et élastique sous les pieds de l'ouvrier, et dans le cas d'un adulte fort, on arrive à charger deux brouettes à la suite, ne prenant de repos qu'après; il sera de 90 secondes. En moyenne, le bon rendement est assuré par le travail d'une équipe où deux chargeurs disposent de quatre brouetteurs. Alors on compte 20 pelletées en 50 et 90 secondes de repos, 12 brouettes donnant droit à 6 minutes de repos *complet*, assis ou couché, soit 36 brouettes à l'heure. *En* 8 *heures*, temps qu'il ne faut pas dépasser, le chargement total sera de 20 à 21^{m^3} de sable. Et nulle trace de surmenage ne sera observée. La dépense d'énergie stricte s'élève à peine à 1800^{cal}, s'ajoutant à la dépense de repos, soit un ensemble journalier de 4000^{cal}; le *travail mécanique* effectué ne dépasse jamais $140\,000^{kgm}$.

III. Sur l'un des chantiers observés, nous avons pu faire charger des cailloux à la vitesse d'une pelletée en 3 secondes, et 14 pelletées par brouette sans arrêt. La moitié du temps sert à enfoncer l'outil sous le tas

et le charger, l'autre moitié à le vider dans la brouette et à le ramener sous le tas.

Lorsqu'on emploie des tombereaux, et que le *pelletage est vertical*, on doit ajouter au temps *d'une opération* 1 seconde de plus, toutes choses restant égales.

Au moyen de la pelle dynamographique, nous constatons que l'effort d'enfoncement de la pelle dans le tas est le plus pénible; il atteint parfois 35^{kg}. Mais l'ouvrier adroit ne dépasse guère 20^{kg}, manœuvrant le fer avec souplesse et rapidité. Il est curieux de noter que le travail à la varlope conduit aux mêmes valeurs à peu près, à la différence des *bois* employés.

Conclusion. — Dans les travaux de terrassements et de construction, plusieurs autres manœuvres intéressantes ont été précisées comme les précédentes (*loc. cit.*); l'*art de bâtir* y gagne entre 50 et 60 pour 100 de rendement, avec un profit certain pour l'hygiène du travail. Il est à souhaiter que ces données scientifiques servent aux ingénieurs préposés à la *reconstruction* des régions libérées.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *L'acide pyruvique est-il l'un des termes de la décomposition du glucose au cours de la glycolyse ?* Note de MM. **L.-J. Simon** et **E. Aubel.**

Les acides pyruvique et lactique occupent dans les processus de transformation du glucose en alcool éthylique une place importante. Les relations étroites entre les deux acides ont été bien établies: depuis longtemps l'acide lactique a été séparé au cours de la fermentation alcoolique; Fernbach et Schœn ont isolé l'acide pyruvique que Neuberg avait montré être le précurseur de l'acétaldéhyde elle-même transformée par le processus de dismutation (oxydation-réduction) en alcool éthylique et acide acétique; l'acide lactique peut être oxydé par les micro-organismes en acide pyruvique (Mazé, Mazé et Ruot), les éthers lactiques sont oxydés directement par l'oxygène ou par l'air en acide pyruvique (L.-J. Simon), le lactate de chaux peut être fermenté par certaines levures avec production, entre autres, d'acide pyruvique et d'alcool (Kaiser), l'acide pyruvique peut être réduit et transformé en acide lactique par certains microbes (Aubel). Par ailleurs, il y a bien des points communs entre les processus de dégradation des hydrates de carbone dans les organismes supérieurs, où l'on a isolé l'alcool éthy-

lique et plus récemment l'acétaldéhyde, et la fermentation alcoolique. Au cours de la glycolyse, le glucose se transforme quantitativement en acide lactique (Friès, Slosse, Kondo, Kraske, Von Norden, Levene et Meyer, etc.). Tenter de rechercher l'acide pyruvique dans le sang semblait donc indiqué. Cette recherche, en outre, avait à nos yeux un autre intérêt : on sait, à la suite des travaux de l'école d'Embden, que l'acide pyruvique donne, à la perfusion du foie, de l'acide lactique; mais la transformation inverse de l'hydroxyacide en acide cétonique n'a jamais été obtenue, et si l'on admet dans le schéma de décomposition du glucose que l'acide lactique précède l'acide pyruvique, c'est sans preuve certaine.

1° *Action du sang sur l'acide pyruvique.* — Il fallait d'abord voir dans quelles limites l'acide pyruvique ajouté au sang disparaissait.

Dans une série de fioles coniques on met 20^{cm^3} d'une solution de pyruvate de soude, 20^{cm^3} de sérum physiologique et 10^{cm^3} de sang total rendu incoagulable par l'oxalate d'NH^3 à 1 pour 1000. On laisse en contact, à 37°, un temps variable et l'on cherche l'acide pyruvique restant. Pour cela, le volume du mélange est complété à 60^{cm^3} avec de l'eau et l'on ajoute 10^{cm^3} d'acide trichloracétique à 20 pour 100. Sur 35^{cm^3} du filtrat correspondant à 10^{cm^3} de solution de pyruvate, on fait la phénylhydrazone qu'on sépare et qu'on évalue par titrimétrie à l'aide de KOH. Voici un exemple des chiffres obtenus :

Temps de contact.	Acide dans 1000$^{cm^3}$.
Témoin	8,4 g
30 minutes	8,2
1 heure	8,3
2 »	8,1
24 »	7,8

Il semblerait donc que, au bout de 24 heures, il y a une légère perte. Mais on sait qu'un simple contact avec l'eau des pyruvates alcalins donne des différences du même ordre par suite de la disparition de l'acide :

Départ	10,8
24 heures	10,1

D'ailleurs, cette disparition, qui atteint environ 7 pour 100, n'est pas du tout comparable à la disparition du glucose au cours de la glycolyse où l'on constate des différences de 30 pour 100.

2° *Recherche de l'acide pyruvique dans le sang normal.* — Cette recherche

a-été faite par deux méthodes sur le sang du cheval et sur le sang du chien, les animaux étant soit à jeun, soit en pleine digestion.

a. Un litre de sang est mis dans un mélange réfrigérant; on prélève une première fois 200^{cm^3} de liquide surnageant la masse congelée; ces 200^{cm^3} sont soumis de nouveau à l'action du froid; on prélève 50^{cm^3} de ce liquide et l'on continue jusqu'au sixième fractionnement, où il reste 5^{cm^3} de liquide sur lequel on effectue, après défécation par l'acide trichloracétique, la recherche qualitative de l'acide pyruvique à l'aide de la réaction (sensible à 2 pour 1000), décrite par l'un de nous. *Cette recherche a été négative.*

b. On coagule, après acidification par l'acide acétique, un litre de sang par l'alcool à 95°. On laisse en contact 24 heures et l'on sépare le liquide à la trompe. Le filtrat est distillé au bain-marie sous pression réduite jusqu'à résidu à consistance sirupeuse. Le résidu est repris par son volume d'acide trichloracétique à 20 pour 100, et sur le filtrat, quelques centimètres cubes, on recherche l'acide pyruvique. *Cette recherche a été constamment négative* bien que, sur des témoins, l'on puisse par la méthode déceler entre 0,05 et 0,01 d'acide pyruvique pour 1000^{cm^3}.

3° *Recherche de l'acide pyruvique au cours de la glycolyse.* — Du sang rendu incoagulable par le citrate de Na, abandonné sous le toluène 6 heures à l'étuve à 37° et traité ensuite comme ci-dessus, n'a pas montré d'acide pyruvique. Nous avons alors, comme l'ont déjà fait Lépine, Vandeput, Mauriac et Servantie, etc., additionné de glucose du sang rendu incoagulable. Après 6 heures d'étuve, le mélange initial étant à 4,4 pour 100 de glucose, nous avons retrouvé une teneur en glucose de 3,2 pour 100. *La recherche de l'acide pyruvique par extraction à l'alcool a été négative.* Par contre, nous avons pu facilement déceler l'acide lactique par la réaction de Hopkins.

Conclusion. — L'acide pyruvique que l'on ne rencontre pas dans le sang normal des animaux à jeun ou en pleine digestion n'est pas transformé par les éléments du sang. Il ne se produit pas au cours des processus de glycolyse et ne peut par conséquent, dans ce cas, être considéré comme un produit intermédiaire de la décomposition du glucose en acide lactique.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la toxicité d'un polymère de l'acide cyanhydrique.* Note de M. **Ch. Bedel**, présentée par M. Béhal.

Le polymère de l'acide cyanhydrique, répondant à la formule $(HCN)^4$, dont nous avons expérimenté la toxicité, a été extrait d'une azulmine pro-

venant de la transformation spontanée de l'acide cyanhydrique. Nous l'avons purifié d'après la méthode que nous avons indiquée dans une Note précédente ([1]).

Nous avons choisi le cobaye comme animal d'expérience.

Tout d'abord, nous nous sommes adressé à la méthode des injections hypodermiques. Le produit est très peu soluble dans les dissolvants non toxiques. Nous avons injecté à un cobaye femelle pesant 425^g, 2^{cm^3} d'une solution alcoolique à 20 pour 100, saturée du polymère. La solubilité du produit dans ce mélange est de $0^g,63$ pour 100 à la température de 15°, qui était celle de l'expérience. La dose administrée correspondait donc à $0^g,028$ par kilogramme d'animal.

Le cobaye n'a paru nullement incommodé. Ceci prouve que le polymère est beaucoup moins toxique que l'acide cyanhydrique. En effet, M. Desgrez ([2]) a montré que, dans les mêmes conditions, $0^g,0032$ d'acide cyanhydrique par kilogramme d'animal provoque la mort en 20 minutes.

Nous avons eu recours ensuite à l'expérimentation par la voie buccale. Nous avons reconnu que la dose toxique est de $0^g,75$ par kilogramme d'animal. Les symptômes de l'intoxication sont les suivants :

A une période de somnolence et de frissons, succèdent une période d'agitation, puis des selles abondantes et diarrhéiques, de la parésie, des attaques convulsives avec paraplégie. La respiration est rapide et haletante. L'œil est injecté d'un liquide blanc abondant, La mort survient après 6 heures environ.

A l'autopsie, l'estomac paraît très hypertrophié. Son volume est environ triple du volume normal. Il est rempli d'une bouillie claire granuleuse ne contenant plus de polymère inaltéré.

Au pylore, il présente de larges plaques sanguinolentes.

On remarque sur le foie des lésions jaunes et sur les poumons de grandes plages violettes.

Les oreillettes sont remplies d'un sang très noir visqueux.

Les intestins et les reins ne présentent aucun caractère spécial.

Nous avons recherché l'acide cyanhydrique libre dans les organes au moyen du papier picrosodé de M. Guignard, suspendu dans l'atmosphère

([1]) Ch. Bedel, *Sur un polymère de l'acide cyanhydrique* (*Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 168).

([2]) Desgrez, *Sur la toxicité de deux nouveaux nitriles et l'action antitoxique de l'hyposulfite de soude vis-à-vis de l'un d'eux* (*Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 1707).

d'un flacon, où se trouvaient des organes contusés. L'estomac renferme un peu d'acide cyanhydrique libre; les reins en contiennent des quantités notables.

Heymans et Masoin [1] les premiers et quelques auteurs, après eux, ont signalé l'action antidote de l'hyposulfite de soude vis-à-vis de certains nitriles par formation de sulfocyanure décelable dans les urines.

L'hyposulfite de soude et le polymère ne réagissent ni *in vitro* ni *in vivo*.

De plus, l'hyposulfite de soude, absorbé en même temps que le produit, est sans action antitoxique. Toutefois, les symptômes de l'intoxication paraissent légèrement modifiés. Les urines sont plus abondantes. Il se produit une seule crise accompagnée de paralysie dont l'issue est fatale. La mort survient plus rapidement en 3 à 5 heures.

A l'autopsie, on observe les mêmes lésions des organes que dans l'intoxication par le polymère seul; mais, dans tous les cas, la recherche de l'acide cyanhydrique libre est négative.

Le polymère de l'acide cyanhydrique est donc extrêmement peu toxique: les symptômes observés rappellent ceux de l'intoxication cyanhydrique. Ceci s'explique aisément puisque le produit paraît se transformer dans l'organisme en régénérant de l'acide cyanhydrique.

MICROBIOLOGIE. — *Recherches sur l'acide pyruvique considéré comme facteur d'anaérobiose*. Note de M. **Albert Berthelot**, présentée par M. E. Roux.

En étudiant avec mon regretté collaborateur Dominique Bertrand les microbes acidaminolytiques aérobies de la flore intestinale [1], j'avais remarqué que certains d'entre eux, comme le *B. aminophilus* ou autres espèces voisines du *B. lactis aerogenes*, produisaient, dans les milieux glucosés, des substances qui favorisaient le développement de germes anaérobies tels que le *B. perfringens* ou le *B. sporogenes*. Quelques années plus tard j'ai retrouvé des germes acidaminolytiques identiques ou analogues dans des blessures de guerre, compliquées de gangrène gazeuse ou de graves accidents généraux

(1) Heymans et Masoin, *Étude physiologique sur les dinitriles normaux* (*Arch. intern. Pharmocodyn.*, t. 3, 1897, p. 77); *La toxicité diachronique de quelques composés cyanés* (*Ibid.*, t. 7, 1900, p. 297).

(1) Albert Berthelot et Dominique Bertrand, *Comptes rendus*, 1911, 1912 et 1913.

d'auto-intoxication ([1]), et j'ai également constaté une action favorisante des cultures filtrées de ces microbes sur les mêmes espèces anaérobies et sur le Bacille histolytique de Weinberg et Séguin.

Dans les deux cas, en analysant les milieux où s'étaient développés ces germes favorisants, j'y ai trouvé, à côté du glucose en excès, d'autres substances réductrices dont l'apparition dans les cultures coïncidait avec celle de l'influence favorable sur les anaérobies. Je me contentai alors de noter ce fait en me proposant de préciser la nature des composés réducteurs formés par l'étude biochimique plus approfondie du *B. aminophilus* et des germes du même groupe.

Il y a deux ans, en étudiant avec Mlle Ossart diverses bactéries acétonogènes aérobies ou facultatives ([2]) j'ai remarqué que de l'acide pyruvique se formait dans les couches moyennes ou profondes de cultures en bouillie de pomme de terre dont la surface était recouverte d'un épais voile microbien.

Ayant établi que ces mêmes germes donnaient également naissance à de l'acide pyruvique quand ils se développaient en eau peptonée glucosée, nous avons analysé les cultures du *B. aminophilus* dans ce même milieu et en solution nutritive synthétique. Nous avons constaté que cette bactérie produisait aussi, entre autres corps réducteurs comme l'acétylméthylcarbinol, une proportion beaucoup plus forte d'acide pyruvique. De plus, en cultivant nos germes acétonogènes ou acidaminolytiques dans un milieu synthétique où l'azote était fourni par le sulfate d'ammonium et l'azotate de potassium, tandis que le carbone était donné par un acide acyclique, nous avons observé que, sur douze acides essayés, l'acide pyruvique était soit le mieux utilisé, soit celui qui modifiait le plus profondément le bilan chimique de nos fermentations. Ces constatations, au moins en ce qui concerne l'assimilation de l'acide pyruvique par les bactéries, confirment les intéressant résultats qu'ont obtenus MM. Cambier et Aubel avec le *B. coli*, le B. pyocyanique et le bacille fluorescent de Flügge cultivés dans un milieu synthétique où l'azote provenait du chlorure d'ammonium ([3]).

Ces quelques faits et ce que l'on connaît des propriétés biochimiques de cet acide cétonique m'ont amené à penser que l'action du *B. aminophilus* et d'autres germes favorisants était peut-être liée, dans une certaine mesure,

---

([1]) Albert Berthelot, *Ptomaïnes et plaies de guerre* (*Comptes rendus*, t. 166, 28 janvier 1918, et t. 168, 27 janvier 1919).

([2]) Albert Berthelot et Mlle Ossart, *Comptes rendus*, t. 172, 2 novembre 1921.

([3]) R. Cambier et E. Aubel, *Comptes rendus*, t. 175, 3 juillet 1922.

à la formation d'acide pyruvique. Ainsi que je vais l'exposer, une expérience très simple m'a permis de vérifier l'exactitude de cette hypothèse.

Dans des tubes à essais de 17^{mm} de diamètre, contenant 10^{cm^3} de bouillon Martin stérile, récemment préparé, j'ai introduit aseptiquement $0^g,25$ de pyruvate de potassium [1] en solution aqueuse stérilisée par trois chauffages de 15 minutes à 100°. A la moitié des tubes ainsi préparés j'ai ajouté de la même manière $0^g,25$ de glucose. J'ai alors porté ces deux séries de tubes au bain-marie bouillant, pendant 10 minutes, et, après refroidissement jusqu'à 40°, je les ai ensemencés avec les germes suivants : Bacille tétanique, Vibrion septique, Bacille du botulisme, *B. perfringens*, *B. sporogenes*, *B. putrificus*, *B. fallax*, *B. histolyticus*, *B. œdematiens*, *B. bifermentans*, *B. aerofœtidus*, *B. bifidus*, B. de Schmorl et B. du charbon symptomatique. J'ai placé tous ces tubes, simplement bouchés à l'ouate, à l'étuve à 37°, en même temps que de nombreux témoins ensemencés ou non. Au bout de 24 à 48 heures, les tubes témoins étaient restés stériles, tandis que toutes les bactéries anaérobies s'étaient développées dans les tubes renfermant du pyruvate et du glucose. Dans ceux où le bouillon ne contenait que du pyruvate seul, le *B. œdematiens* et le *B. bifidus* ne commencèrent à troubler nettement le milieu qu'au troisième jour.

J'ai renouvelé plusieurs fois cette expérience en faisant varier les conditions de milieu; certains de ces changements ont provoqué des modifications dans l'intensité et la vitesse d'apparition des phénomènes notés lors de mes premiers essais, mais dans l'ensemble j'ai toujours constaté la même influence de l'acide pyruvique et réussi à cultiver en tubes ouverts toutes les espèces anaérobies indiquées plus haut. De plus, dans les cas où je n'ensemençais les milieux qu'avec une très petite quantité de germes, ou bien quand il s'agissait d'espèces très anaérobies, j'ai observé que le développement microbien ne se manifestait activement qu'après une incubation de quelques jours, comme si la réalisation des conditions nécessaires à l'anaérobiose n'était pas seulement le fait de l'acide pyruvique, agent réducteur et aliment, mais résultait aussi de l'élaboration, aux dépens de celui-ci, d'autres substances réductrices, telles que l'acétylméthylcarbinol ou l'aldéhyde acétique.

---

(1) Dans l'emploi de l'acide pyruvique, il ne faut pas perdre de vue son altérabilité, ainsi que les transformations dont les solutions aqueuses de pyruvates alcalins sont le siège. Il y aura lieu de préciser dans quelle mesure ces transformations sont gênantes en bactériologie. Il importe aussi que les solutions de pyruvates soient bien neutres pour qu'elles ne modifient pas la réaction des milieux auxquels on les ajoute.

Qu'il agisse directement ou indirectement, l'acide pyruvique semble bien être, à l'égard des germes anaérobies, la plus importante des substances réductrices dont j'avais constaté l'action favorisante en étudiant la flore intestinale et les plaies de guerre; des expériences en cours me permettront peut-être d'établir la part qui revient aux composés qui l'accompagnent. Il apparaît comme un facteur d'anaérobiose des plus actifs puisqu'il nous donne le moyen de cultiver des anaérobies stricts, en bouillon et à l'air libre, presque aussi facilement que les plus communs des anaérobies. Les conditions chimiques de milieu qu'il crée sont cependant de telle nature qu'elles favorisent le développement de certains aérobies saprophytes ou pathogènes, dont les propriétés biologiques ou les actions biochimiques se trouvent parfois, comme je le montrerai, notablement modifiées.

De nombreuses expériences seront sans doute nécessaires pour préciser le mode d'action de l'acide pyruvique au point de vue que je viens d'envisager et, si j'ai jugé utile de signaler dès maintenant les premiers faits que j'ai observés, c'est surtout en raison des multiples applications microbiologiques, biochimiques et médicales qu'ils permettent d'envisager.

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *De l'importance du calcium et du potassium dans la physiologie pathologique du cancer.* Note de M. **Maurice Wolf**, présentée par M. Widal.

Depuis 2 ans nous nous sommes attaché à étudier quelles sont les substances qui interviennent dans le mécanisme pathogénique du cancer. Nous voudrions insister ici surtout sur certains minéraux qui nous ont paru intervenir d'une façon tout à fait prépondérante dans l'évolution du cancer.

Les analyses des substances organiques semblent démontrer qu'il n'intervient pas de corps nouveau de constitution étrangère à celle de nos protéines élémentaires dans le métabolisme du tissu cancéreux, Les corps que l'on y trouve en majeure partie sont des acides aminés dont la proportion complètement différente de la normale explique en partie les phénomènes qui accompagnent l'évolution du cancer.

L'étude des substances anorganiques dans le cancer a fait dès 1900 l'objet de recherches nombreuses et après Beebe, Clowes et Friesbie et Waterman ont insisté sur la différence du rapport $\frac{\text{potassium}}{\text{calcium}}$ entre les tissus sains et les tissus cancéreux.

Nous avons repris cette question en lui donnant une base expérimentale aussi large que possible et sommes arrivé à des conclusions très intéressantes quant à la genèse du cancer.

Notre technique a toujours été la même : dosage chimique du calcium (oxalate d'ammoniaque et permanganate de potasse) et potassium (sodium cobaltonitrite) dans les tissus, mise en évidence de ces minéraux dans des coupes à congélation (procédés de Mac Callum), étude histologique et cytologique, étude biologique (greffe à l'animal). Nous avons étudié de la sorte un seul type de tumeur, l'épithélioma de la glande mammaire chez une seule espèce, la souris, et nos conclusions ne sont applicables au cancer humain que par analogie.

Dans les tissus normaux de la souris le quotient $\frac{\text{potassium}}{\text{calcium}}$ présente des variations assez importantes qui vont de 5,41 (pour le foie) à 0,053 (pour le tissu conjonctif).

Dans les tissus inflammatoires (par infection pneumococcique) on trouve des variations de 4,21 (pour le foie) à 1,51 (pour le tissu conjonctif).

Dans les tissus cancéreux on trouve des variations qui se font parallèlement à l'intensité de la prolifération et oscillent entre 20-15 pour les tumeurs à développement rapide et 5-10 pour les tumeurs à développement lent. Cependant on peut observer des écarts plus considérables (chiffres maxima : 57 et 0,049).

L'étude histologique nous a permis de vérifier la prolifération du tissu cancéreux que mesure l'étude biologique de la greffe cancéreuse suivant un mode que nous avons établi avec J. Froisier. La greffe évolue d'une façon toute différente suivant sa teneur en calcium qui la fait ralentir ou sa teneur en potassium qui l'accélère, et nous avons pu vérifier ces faits en modifiant arbitrairement les proportions de ces minéraux par le séjour prolongé dans les solutions faibles de ces sels.

L'étude histochimique permet de déceler l'accumulation intraprotoplasmique de ces minéraux et de constater que le calcium se répartit d'une façon diffuse, tandis que le potassium se dispose surtout au voisinage du noyau. Il est à remarquer d'ailleurs que l'imprégnation par un des minéraux ne fait jamais complètement disparaître l'autre et souvent même ne le fait pas diminuer notablement. De plus on constate un fait très important, c'est que si les tissus normaux ont une capacité de résorption à peu près constante, les tissus cancéreux présentent une perméabilité cellulaire tout à fait exagérée. C'est ainsi que le tissu cancéreux arrive à absorber le triple de sa

teneur initiale en potassium et à accumuler dans certains cas une quantité de calcium 20 fois supérieure à son taux initial.

L'étude cytologique montre que ces résorptions intracellulaires s'accompagnent de modifications protoplasmiques importantes. Le potassium provoque un état de dilution qui se traduit par une exagération des phénomènes vitaux et une accélération évolutive, le calcium cause une condensation cytoplasmique à laquelle correspond un ralentissement évolutif et une réduction des mouvements cellulaires.

De ces faits on peut conclure :

1° Que le tissu cancéreux présente vis-à-vis du potassium et du calcium une perméabilité très exagérée par rapport à celle des tissus normaux;

2° Que le potassium et le calcium jouent dans le mécanisme pathogénique et évolutif du cancer un rôle important qui s'explique peut-être par leur antagonisme de rayonnement électroniqne (Zwaandemaaker);

3° Que la capacité de résorption expérimentale chez la souris peut aller pour le potassium jusqu'à trois fois, pour le calcium jusqu'à vingt fois le taux initial, chiffres que l'on retrouve dans des analyses chimiques de cancers humains;

4° Que l'accumulation simultanée mais en quantités absolues variables et indépendantes de ces deux minéraloïdes règle le rythme vital, c'est-à-dire l'activité prolifératoire du tissu cancéreux;

Qu'il paraît indiqué d'utiliser pratiquement l'action retardante et inhibante du calcium sur le cancer d'autant plus que la cellule cancéreuse est capable d'en résorber une quantité si considérable.

D'après nos recherches dans cette voie, le calcium ne semble cependant capable d'agir efficacement que sous sa forme dissociée et ionique. Il apparaît cependant dès à présent que l'on pourra obtenir des résultats thérapeutiques nouveaux et importants en joignant à la thérapeutique du cancer par les rayonnements physiques l'action physico-chimique du calcium ionique, d'autant plus que ce corps n'est à peu près jamais toxique pour l'homme.

ZOOLOGIE. — *Sur la castration des Crustacés Décapodes parasités par des Épicarides.* Note de M. **Charles Pérez**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Les Épicarides parasites des Crustacés Décapodes exercent indirectement sur l'activité génitale de leur hôte une influence perturbatrice, sur

laquelle Giard a particulièrement attiré l'attention, et qui peut se manifester, suivant les espèces, avec des degrés très divers d'intensité.

Elle peut aller jusqu'à la castration à peu près complète; et, sans doute à la faveur d'une installation précoce du parasite, précédant l'apparition des caractères sexuels secondaires de l'hôte, elle peut modifier profondément ces caractères, et faire, par exemple, apparaître chez le mâle des appendices abdominaux se rapprochant du type femelle. Tels sont les cas observés chez les Décapodes nageurs (*Leander*, *Palæmon*, *Pandalus*, *Virbius*, *Hippolyte*) et chez quelques Anomoures (*Eupagurus*, *Galathea*) ou Thalassinidés (*Gebia*).

Chez les Crabes, où l'installation du parasite doit être plus tardive, postérieure à l'établissement des caractères sexuels secondaires, ceux-ci ne sont généralement pas affectés, et la castration incomplète se borne à une atrophie plus ou moins marquée de la glande génitale : l'organe reste presque toujours manifeste à la simple dissection; il est simplement réduit dans sa taille et dans son activité : diminution chez le mâle des poussées spermatogénétiques; chez la femelle, inhibition de la croissance des oocytes et de la formation du vitellus.

A cet égard, les *Xantho floridus* Leach de la région de Roscoff sont relativement peu affectés. La présence simultanée, chez un même hôte, de deux parasites (soit deux *Cancricepon pilula* Gd. et B., soit un *Cancricepon* et un *Cancrion floridus* Gd. et B.) n'arrive pas à faire disparaître l'ovaire ; et chez ces mêmes Crabes, on peut observer des femelles porteuses de gros *Cancricepon* adultes, et dont l'ovaire, assez volumineux, présente, au moins par places, des oocytes en voie de croissance manifeste et colorés par un vitellus assez abondant. La présence de sperme dans les oviductes de ces femelles atteste un accouplement antérieur; elles sont donc poursuivies par les mâles comme de véritables femelles; et, si l'on se rappelle que les Crabes s'accouplent généralement avec des femelles molles, venant immédiatement de muer, ce serait, en faveur d'une persistance de la mue chez les individus parasités, une présomption de plus à ajouter aux observations directes mentionnées dans une Note antérieure.

Le *Portunus pusillus* Leach, parasité par un *Portunion n. sp.*, adulte et de grande taille par rapport à l'hôte, conserve de même un ovaire assez volumineux avec oocytes chargés de vitellus.

Mais c'est surtout chez les *Porcellana longicornis* Pennant, porteuses de *Pleurocrypta porcellanæ* Hesse, que l'influence du parasite sur l'activité génitale de l'hôte paraît réduite au minimum. Non seulement les femelles

parasitées présentent un ovaire bien développé, avec toutes les étapes de la croissance des oocytes et de l'accumulation du vitellus, mais encore elles arrivent à pondre et à incuber leurs œufs jusqu'à l'éclosion normale des embryons; au moment où ceux-ci sont déjà assez avancés, une nouvelle poussée de vitellogénèse se manifeste dans l'ovaire, annonce de la ponte suivante. La reproduction n'est donc, dans ce cas, nullement supprimée par le parasite.

On peut toutefois se demander s'il n'y a pas une réduction de la fécondité, dont la mesure serait fournie par la diminution du nombre des œufs pondus. A cet égard, voici les nombres d'œufs observés en incubation chez des femelles parasitées : 25, 46, 87, 137, 145, 247, 259, 305, 317. A titre de comparaison, les dénombrements faits sur des femelles indemnes, prises au hasard, ont donné : 22, 49, 55, 61, 66, 80, 144, 160, 208, 249, 299, 314, 336, 387, 441, 543. On voit tout d'abord que normalement, chez des femelles adultes, et à la même saison, le nombre des œufs pondus varie entre des limites étendues. Cette fluctuation nécessiterait l'observation d'un plus grand nombre d'individus avant de formuler des conclusions définitives. Il semble s'indiquer que, si les femelles parasitées n'atteignent pas le maximum de fécondité dont les femelles indemnes sont susceptibles, leurs pontes se maintiennent cependant à des chiffres moyens.

A $15^h 55^m$, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h 20^m$.

É. P.

ERRATA.

(Séance du 4 juin 1923.)

Note de M. *G. Tanret*, Sur quelques bases dérivées de la pseudopelletiérine :

Page 1660, ligne 11, *au lieu de* éther atropique, *lire* éther tropique.

FIN DU TOME CENT-SOIXANTE-SEIZIÈME.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

TABLES ALPHABÉTIQUES

JANVIER – JUIN 1923.

TABLE DES MATIÈRES DU TOME 176.

A

Pages.
ACADÉMIE. — État de l'Académie des Sciences au 1er janvier 1923...... 5
— M. *Emile Bertin*, président sortant, fait connaître à l'Académie l'état où se trouve l'impression des recueils qu'elle publie et les changements survenus parmi les membres et les correspondants pendant le cours de l'année 1922.... 15
— Allocution prononcée par M. *Albin Haller* en prenant possession du fauteuil de la présidence........ 18
— M. le *Secrétaire perpétuel* donne lecture d'une dépêche de l'Académie des Sciences de Lisbonne exprimant sa sympathie confraternelle pour le centenaire de Pasteur.... 26
— M. *A. Karpinski*, président de l'Académie des Sciences de Russie exprime, au nom de cette compagnie, les sentiments de vénération inspirés par Pasteur............ 273
— M. le *Secrétaire perpétuel* annonce que le tome 170 (janvier-juin 1920) des « Comptes rendus » est en distribution au Secrétariat........ 273
— M. le Directeur de l'*Institut supérieur de vaccine de l'Académie de Médecine* adresse des remercîments pour le témoignage de sympathie donné à l'occasion du centième anniversaire de la mort de *Jenner*. 358
— M. *Antoine Balland* fait hommage d'un portrait à la pointe sèche, d'*Hippolyte Larrey;* par G. Isabey. 723
— M. le *Président* annonce un déplacement de séance à l'occasion des fêtes de Pâques................ 873
— Est invitée à se faire représenter au IIe Congrès de l'Association internationale de Thalassothérapie, qui aura lieu à Venise les 9, 10, 11, 12 avril 1923................. 877
— M. *Widal* est délégué à la séance d'ouverture du *Congrès international de propagande d'hygiène sociale*........................ 1115
— M. le *Président* souhaite la bienvenue à M. *da Costa Lobo*, président de l'Institut de Coïmbre, qui assiste à la séance 341, 1270
— id. à M. *Lœwisson Lessing*, professeur à l'École polytechnique de Pétrograd, membre de l'Académie des

Pages.
sciences de Russie, qui assiste à la séance........................ 425
— id. à M. *George Greenhill*, correspondant pour la section de mécanique, qui assiste à la séance........... 933
— id. à Sir *Oliver Lodge*, de la Société royale de Londres, qui assiste à la séance........................ 1097
— id. à M. *Johs Schmidt*, directeur du laboratoire Carlsberg, à Copenhague, qui assiste à la séance.... 1434
— id. à M. *Chodat*, correspondant pour la section de botanique, à M. *de Toni*, professeur de botanique à l'Université de Modène, et à MM. les membres de la Mission danoise du Hoggar, qui assistent à la séance.. 1513
— *L'Institut royal Vénitien des sciences, des lettres et des arts* adresse son hommage respectueux à l'occasion du centenaire de Pasteur.... 1437
— Voir *Bureau des Longitudes, Candidatures, Collège de France, Commissions académiques, Commissions ministérielles, Congrès international de propagande d'hygiène sociale, Congrès national des pêches et industries maritimes, Décès de membres et de correspondants, Elections de membres et de correspondants, Fondation Loutreuil, Institut Pasteur, Institut scientifique de l'Indo-Chine, Institut supérieur de vaccine, Nécrologie, Notices historiques, Observatoire de Marseille, Plis cachetés, Solennités scientifiques.*
Accommodation. — Le déterminisme physiologique du réflexe accommodatif de l'œil; par M. *A. Polack*. 407
— Compensation accommodative du chromatisme de l'œil. Insuffisance de la théorie de d'Alembert; par M. *A. Polack*.................. 859
Acétylène. — Action de l'acétylène sur le zinc-éthyle; par M. *J.-F. Durand*........................ 992
Acides organiques. — Une préparation nouvelle de l'acide monochloracétique; par MM. *L.-J. Simon* et *G. Chavanne*........... 309
— Sur l'acide malique droit et l'utilisation du molybdomalate d'ammonium pour le dédoublement de l'acide malique racémique; par MM. *E. Darmois* et *J. Périn*..... 391
— Acides salicyliques iodés; par MM. *Brenans* et *C. Prost*........ 1626
Acoustique. — Voir *Météorologie.*
Actinométrie. — L'absorption atmosphérique au mont Blanc; par MM. *E. Bauer* et *A. Danjon*..... 761
— Voir *Magnétisme terrestre, Météorologie, Radioactivité.*
Aéro-Club de France. — MM. *P. Painlevé* et *H. de Chardonnet* sont délégués à l'inauguration de son exposition organisée à l'occasion du centenaire du physicien *Charles*. 1115
Aérodynamique. — Voir *Anémomètre, Mécanique appliquée.*
Aéronautique. — Voir *Hélicoptère, Physiologie, Physique du Globe, Vol à voile, Vol naturel.*
Agriculture. — Influence de la hauteur d'eau météorique pendant la « période critique » du blé sur le rendement; par M. *J. Beauverie*.. 707
— Voir *Biologie végétale, Chimie agricole, Engrais, Entomologie agricole, Parasitologie, Physiologie végétale.*
Aimantation. — Sur la désaimantation du fer par des oscillations électromagnétiques; par M. *S. K. Mitra*. 1214
— Voir *Magnétisme.*
Albumine. — Sur le dosage de l'albumine par les procédés dits *néphélémétriques*; par MM. *Henri Bénard* et *Albert Laborde*.............. 98
Algèbre. — Expression des déterminants les plus généraux d'une matrice en fonction des sections; par M. *Maurice Lecat*............. 557
— *Errata* relatifs à cette communication........................... 792
— Sur les intégrales de seconde espèce des variétés algébriques; par M. *S. Lefschetz*...................... 941
— Sur les relations algébriques de genre un ou zéro; par M. *Paul Montel*.. 1687
— Sur un théorème d'algèbre; par M. *J.-L. Walsh*................ 1361
— Voir *Déterminants, Équations, Fonctions, Logarithmes, Monographie, Polynomes, Probabilités, Séries.*
Algues. — Sur l'état quiescent prolongé d'une algue phéosporée éphémère; par M. *C. Sauvageau*.. 478

Pages.

— Quelques remarques sur la locomotion des Oscillaires; par M. *Henri Coupin*........................ 1491
— Adaptation à la vie aérienne d'une algue verte du groupe des Volvocales (*Chlamydomonas fungicola* n. sp.); M. *A. de Puymaly*...... 1739
— Voir *Amidon*.
Alliages. — Étude dilatométrique des alliages d'aluminium avec le magnésium et le silicium; par MM. *A. Portevin* et *P. Chevenard*. 296
Amidon. — Sur l'amidon des algues Floridées; par M. *G. Mangenot*.. 183
Amines. — Décomposition des formamides aryliques. Nouvelle préparation des urées substituées; par M. *A. Mailhe*.................. 689
— Décomposition des formamides des amines aliphatiques; par M. *A. Mailhe*....................... 1159
— Les bismuthamines, nouvelle classe de corps; par M. *A.-Ch. Vournazos*. 1555
— Action de la chaleur sèche sur les sels alcalino-terreux des acides carbaminés; par M. *A. Blanchetière*... 1629
— Dérivés xanthylés de l'acide allophanique, de la thiosinamine et de l'allantoïne; par MM. *R. Fosse* et *A. Hieulle*................. 1719
— Voir *Chimie médicale*.
Ammoniaque. — Sur l'application des gaz de fours à coke à la synthèse de l'ammoniaque; par M. *G. Claude* 394
Analyse chimique. — Détermination du carbone et de l'hydrogène par l'emploi du mélange d'acide sulfurique et de bichromate d'argent; par MM. *L.-J. Simon* et *A.-J.-A. Guillaumin*............ 1065
— Sur un nouveau réactif des alcaloïdes et la préparation des iodostibinates de ces corps à l'état cristallisé; par MM. *Caille* et *E. Viel*....... 1156
— Voir *Chimie analytique*, *Histologie*.
Analyse mathématique. — Sur les moyennes doubles de Cesàro; par M. *Erwand Kogbetliantz*......... 224
— Sur les variétés à torsion totale nulle, de l'espace euclidien; par M. *René Lagrange*..................... 562
— Sur l'existence de classes (D) non complètes; par M. *Maurice Fréchet*......................... 977
— Sur l'intégrale de Poisson généralisée; par MM. *G. C. Evans* et *H. E. Bray*. 1042
— Sur un théorème auxiliaire; par M. *N. Gunther*................. 1115
— La formule de Poisson et le problème de Dirichlet; par M. *G. C. Evans* et *H. E. Bray*................. 1368
— Sur les noyaux symétrisables; par M. *P. Sergesco*................ 1780
— Voir *Algèbre*, *Calcul intégral*, *Ensembles*, *Fonctions*, *Substitutions*, *Invariants*, *Polynomes*, *Potentiel*, *Probabilités*, *Relativité*, *Séries*, *Transformations*.
Analyse spectrale. — Sur l'emploi du chalumeau oxyacétylénique en analyse spectrale. Applications à la minéralogie; par M. *A. de Gramont*....................... 1104
— *Erratum* relatif à cette communication......................... 1268
Anaphylaxie. — Dépression barométrique et choc anaphylactique; par MM. *Auguste Lumière* et *Henri Couturier*...................... 1019
— Voir *Choc*, *Toxicologie*.
Anatomie. — La lobation du rein fœtal chez les Primates; par MM. *R. Anthony* et *F. Villemin*............ 1245
Anatomie pathologique. — Rôle sclérogène des cellules géantes; par M. *R. Argaud*.............. 1579
Anémomètre. — Sur un anémomètre à fil chaud à compensation; par MM. *Huguenard*, *Magnan* et *A. Planiol*....................... 287
— Sur un appareil donnant la direction instantanée du vent; par MM. *Huguenard*, *Magnan* et *A. Planiol*.. 663
Anesthésie. — Le pneumoanesthésiographe; par M. *F. Franchette*.... 1755
Anthropologie. — Sur les proportions des membres chez les Portugais; par M. *A. A. Mendes-Corrêa*..... 709
Arithmétique. — Interprétation géométrique de la généralisation de l'algorithme des fractions continues donnée par Voronoï; par M. *Boris Delaunay*..................... 554
— Voir *Ensembles*.
Asphyxie. — Voir *Respiration*.
Astronomie. — Voir *Calendriers*, *Géodésie*, *Histoire de l'astronomie*, *Relativité*.

Pages.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — Sur le spectre variable périodique des étoiles doubles : incompatibilité des phénomènes observés par la théorie de là relativité générale; par M. *G. Sagnac*.................. 161
— Sur la cause probable de la lueur antisolaire; par *Th. Moreux*..... 364
— Accroissement d'éclat de l'étoile β Ceti signalé par M. *C. Flammarion*.......................... 567
— Observations du Soleil faites à l'Observatoire de Lyon, pendant le quatrième trimestre de 1922; par M. *J. Guillaume*............ 671
— Mesures nouvelles de la vitesse de rotation des filaments. Évaluation de la hauteur de ces objets audessus de la chromosphère solaire; par M. *L. d'Azambuja*.......... 950
— Observations des Pléiades au photomètre hétérochrome de l'Observatoire de Paris et sur une méthode nouvelle pouvant permettre de déterminer par la photométrie les parallaxes stellaires; par MM. *Charles Nordmann* et *C. Le Morvan*. 1054
— Variations spectrales de l'étoile θ^2 Orionis; par M. *F. Henroteau*.... 1210
— Le spectre du ciel nocturne; par M. *Jean Dufay*................ 1290
— Sur la détermination des faibles diamètres pour la méthode interférentielle; par M. *Maurice Hamy*.. 1849
— Voir *Aurores boréales*, *Cosmogonie*, *Soleil*, *Radioactivité*.

AURORES BORÉALES. — Résultats des mesures photogrammétriques de l'aurore boréale du 22-23 mars 1920; par M. *Carl Störmer*...... 109
— Sur le spectre de l'aurore boréale et les couches supérieures de l'atmosphère; par M. *L. Vegard*..... 947

AVIATION. — Voir *Anémomètre*, *Hélicoptère*, *Météorologie*, *Physiologie*, *Vol*.

B

BACTÉRIOLOGIE. — L'influence des facteurs bactériens sur la nutrition, la multiplication et la sexualité des Infusoires; par M. *Edouard Chatton* et Mme *M. Chatton*...... 1262
— L'effet de l'humus à faibles et à fortes doses sur la fixation de l'azote par l'*Azotobacter chroococcum*; par M. *J. Voicu*...................... 1421
— Production d'acide-β-oxybutyrique par certaines bactéries du groupe du *B. subtilis*; par M. *Lemoine*.... 1761
— Voir *Fermentation*, *Protistologie*, *Vaccins*.

BALISTIQUE. — Sur les principes de la balistique intérieure; par MM. *F. Gossot* et *R. Liouville*.......... 1539

BIOGÉOGRAPHIE. — Voir *Océanographie*.

BIOLOGIE. — Sur l'anticinèse giratoire; par M. *Raphaël Dubois*.......... 1346
— Voir *Chimie biologique*, *Probabilités*.

BIOLOGIE ANIMALE. — La tendance à l'albinisme chez les Hybrides de Canard Pilet mâle (*Dafila acuta* L.) et de Cane sauvage (*Anas boschas* L.); par M. *Albert Lécaillon*..... 464
— La loi du minimum en biologie; par M. *Jules Amar*................. 466
— La loi de viviréaction en biologie et en pathologie; par M. *Jules Amar*. 921
— Sur le développement des Échinodermes; par M. *Jules Barrois*.... 1093
— Action de la lumière sur la croissance; par MM. *E. Wollman* et *M. Vagliano*................. 1653
— Les zones critiques de l'adaptation au milieu; par M. *Alphonse Labbé*. 1665
— Voir *Anaphylaxie*, *Bactériologie*, *Biospéléologie*, *Chimie biologique*, *Embryogénie animale*, *Embryologie*, *Gynandromorphisme*, *Hérédité*, *Microbiologie*, *Perles*, *Physiologie animale*, *Reproduction*, *Sexualité*, *Vol naturel*.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — Sur la persistance des caractères provoqués par la salure; par M. *Pierre Lesage*. 257
— Observations sur la nécrobiose du protoplasme végétal avec l'aide d'un nouveau réactif vital; par M. *Paul Becquerel*.............. 601
— Recherches biologiques sur des

Pages.
plantes à tiges rampantes; par M. *G. L. Funke*............... 604
— Carpoxénie et mutations gemmaires chez les *Citrus* cultivés; par M. *Trabut*.................... 772
— Nouveaux faits relatifs aux hybrides de Blés et d'*Ægilops*; par M. *L. Blaringhem*.................. 852
— Dissociation de l'hybride : Orge noire à barbes lisses × Orge Albert; par M. *H. Colin* et Mlle *Y. Trouard-Riolle*........................ 854
— Modification des végétaux soumis à la culture en serre; par Mlle *Lucienne Blum*.................. 1085
— Sur la conservation des graines dans les gaz inertes; par M. *J. Houdas*. 1407
— Le matériel nucléolaire pendant la télophase de la cinèse somatique dans le nucelle chez *Fritillaria imperialis* L.; par M. *Maurice Lenoir*.. 1648
— Sur l'hérédité en mosaïque de la duplicature des fleurs de *Cardamine pratensis* var.; par M. *L. Blaringhem*...................... 1734
— Sur l'adaptation des plantes à la durée de la période claire de la journée; par M. *V. Lubimenko* et Mlle *O. Szegloff*............... 1915
— Voir *Algues, Amidon, Chimie végétale, Cytologie végétale, Embryogénie végétale, Fermentation, Parasitologie, Physiologie végétale, Physique végétale.*
Biospéléologie. — Sur l'évolution des Coléoptères aveugles et le peuplement des grottes dans les monts du Bihor, en Transylvanie; par M. *René Jeannel*............... 1670
Bois. — Sur un procédé de conservation des bois; par M. *R. Chavastelon*.. 1178
Botanique. — Classification des monocotylédones; par M. *Paul Vuillemin*......................... 23
— Sur le nombre des cotylédons de la Ficaire; par M. *P. Bugnon*...... 766
— Voir *Biologie végétale, Embryogénie végétale, Paléobotanique, Physiologie végétale.*
Bulletin bibliographique. — 199, 423, 543, 619, 870, 967, 1268, 1511
Bureau international de l'heure. — M. *G. Bigourdan* fait hommage de son rapport annue lpour 1922. 482
Bureau des longitudes. — L'Académie forme la liste suivante des candidats à la place de Membre titulaire vacante, par le décès de M. *Louis Favé* : 1° M. *Eugène Fichot*; 2° *Ludovic Driencourt*.... 223
— M. *M. Hamy* fait hommage de son Annuaire pour l'an 1923........ 273

C

Calcul intégral. — Une méthode spéciale d'intégration des équations aux dérivées partielles du premier ordre; par M. *G. V. Pfeiffer*....................... 62
— Remarque de M. *Appell* sur cette communication................ 64
— Sur les méthodes d'intégration des équations partielles; par M. *N. Saltykow*...................... 1528
— Sur l'intégration des équations différentielles; par M. *Lainé*......... 1600
— Voir *Relativité.*
Calendriers. — La réforme du calendrier en Grèce; par M. *D. Eginitis*. 735
Calorimétrie. — Sur les variations des chaleurs de dissolution avec la température; par M. *Paul Mondain-Monval*....................... 889
— La chaleur de vaporisation et la différence des chaleurs spécifiques à l'état de saturation pour le néon; par MM. *E. Mathias, C. A. Crommelin* et *H. Kamerlingh Onnes*... 939
— Voir *Thermochimie.*
Candidatures de M. *G. Sagnac* à la place vacante, dans la section de physique générale, par le décès de M. *E. Bouty*.................. 358
— de MM. *Auguste Chevalier, Marin Molliard, Paul Guérin* à la place vacante, dans la section de botanique, par le décès de M. *G. Bonnier*......................... 1037
— M. *Driencourt* retire sa candidature à la place vacante, dans la section

Pages.
de géographie et navigation, par suite de la mort de M. *L. Favé*.... 553
— Liste de candidats à la place vacante, dans la section de géographie et navigation, par le décès de M. *Louis Favé* : 1° M. *Jean Tilho*; 2° MM. *Félix Arago, Eugène Fichot, Louis Gentil, Georges Perrier, Edouard Perrin*................ 542
— id. à la place vacante, dans la section de chimie, par le décès de M. *Georges Lemoine* : 1° M. *Gabriel Bertrand*; 2° MM. *Emile Blaise, Marcel Delépine*; 3° MM. *Paul Lebeau, Robert Lespieau, Camille Matignon*...................... 618
— id. à la place vacante, dans la section de botanique, par le décès de M. *Gaston Bonnier* : 1° M. *Marin Molliard*; 2° M. *Paul Guérin*; 3° MM. *Louis Blaringhem* et *Auguste Chevalier*.............. 1267
— id. à la place vacante, dans la section de physique, par le décès de M. *E. Bouty* : 1° MM. *Charles Fabry, Jean Perrin*; 2° M. *Aimé Cotton*; 3° MM. *Henry Abraham, Paul Langevin, Anatole Leduc*.... 1680
Carburants. — Contribution à l'étude du carburant national ; par MM. *Charles Baron* et *Albert Verley*........................ 452
— La dénaturation de l'alcool éthylique ; par MM. *F. Bordas* et *F. Touplain*...................... 905
— Stabilité des mélanges alcool-essence en présence de l'eau; par MM. *M. Aubert* et *G. Dixmier*........... 1307
— Sur l'utilisation d'un mélange alcool-pétrole lampant à haute teneur d'alcool; par M. *Dumanois*...... 1449
— *Erratum* relatif à cette communication,.......................... 1772
Carbures. — Sur la préparation des carbures acétyléniques vrais; par M. *Bourguel*.................. 751
Cartographie. — Sur un procédé de représentation stéréoscopique des surfaces topographiques; par M. *G. Poivilliers*..................... 237
Catalyse. — Hydrogénation catalytique de l'anhydride sulfureux ; par Mlle *Margaret G. Tomkinson*. 35
— Sur la décomposition catalytique de l'huile de ricin; par M. *A. Mailhe*. 37
— Déshydratation catalytique des alcools par l'acide sulfurique étendu; par M. *J.-B. Senderens*.. 813
— Catalyse et empêchement stérique; par MM. *G. Vavon* et *A. Husson*.. 989
— Décomposition catalytique des anilides; par M. *A. Mailhe*......... 1716
— Voir *Oxydation*.
Celtium. — Sur le spectre d'arc du celtium; par M. *Jacques Bardet*..... 1711
Céramique. — Sur la persistance de la couleur des ions dans les couleurs ou colorants céramiques obtenus à température élevée; par M. *Pierre Brémond*...................... 1219
Chimie. — Sur une relation entre les nombres atomiques et les poids atomiques des éléments chimiques; par M. *E. Lœwinson-Lessing*........................ 307
— Voir *Nomenclature*.
Chimie agricole. — Étude biochimique des sols forestiers; par MM. *Antonin Němec* et *Kvapil Karel*.... 260
— Détermination du carbone dans la terre végétale; par M. *L.-J. Simon*......................... 1409
— Voir *Engrais*.
Chimie analytique. — M. *Haller* dépose sur le bureau de l'Académie le texte d'une conférence sur l'amidure de sodium employé comme réactif........................ 53
— Sur le dosage de la potasse à l'état d'alun; par Mlle *de le Paulle*..... 105
— Sur l'entraînement des acides par les précipités d'alumine; par M. *André Charriou*............. 679
— Dosage de l'antimoine au moyen de l'acide phénylthiohydantoïque; par Mme et M. *A. Lassieur*....... 1221
— Méthode d'analyse du beurre de cacao et de ses mélanges avec les beurres végétaux; par M. *Marcel Pichard*........................ 1224
— Recherche, au moyen de la pyridine, des matières humiques et des matières grasses du sol; par M. *Maurice Piettre*............. 1329
— Sur la détermination des sels doubles en dissolution par voie ébullioscopique; par MM. *F. Bourion* et *E. Rouyer*........................ 1708

Pages.
— Voir *Hydrologie*, *Océanographie*.
Chimie biologique. — Mélange des tartrates et phosphates envisagés comme tampons. Action antagoniste du chlorure de calcium; par MM. *L.-J. Simon* et *L. Zivy* 136
— L'étain dans l'organisme humain; par M. *Emile Misk* 138
— Sur l'uréase des champignons ; par MM. *A. Goris* et *P. Costy* 412
— Sur la composition du glycogène; par MM. *Samec* et *V. Isajevič* 1419
— Sur les variations de quelques réserves hydrocarbonées dans la Mercuriale vivace (*Mercurialis perennis* L.); par M. *P. Gillot* 1657
— Sur quelques bases, du type de la tropacocaïne, dérivées de la pseudopelletiérine; par M. *Georges Tanret* 1659
— *Erratum* relatif à cette communication 1936
— Recherches de petites quantités d'antimoine et de bismuth dans les liquides biologiques; par MM. *Caille* et *E. Viel* 1759
— L'acide pyruvique est-il l'un des termes de la décomposition du glucose au cours de la glycolyse? par MM. *L.-J. Simon* et *E. Aubel*. 1925
— Voir *Albumine*, *Bactériologie*, *Chimie organique*, *Fermentation*, *Hématologie*, *Hydrolyse*, *Sucres*, *Thorium*, *Toxicologie*.
Chimie industrielle. — Sur la vitesse d'absorption de l'acide carbonique par les solutions ammoniacales; par M *Paul Riou* 581
— Sur la déshydratation du gypse; par MM. *Pierre Jolibois* et *Pierre Lefebvre* 1317
— Caractères spécifiques des huiles lourdes de créosote de hêtre ; par MM. *Bordas* et *Touplain* 1328
— Sur la cuisson du plâtre et sa conservation à l'air humide; par MM. *Pierre Jolibois* et *Pierre Lefebvre* .. 1476
— Méthode continue de déshydratation de l'alcool et de certains liquides organiques; par M. *Henri Guinot* 1623
— Sur la formation d'acide nitrique dans la fabrication de l'acide carbonique liquide; par MM. *L. Hackspill* et *A. Couder* 1811
— Sur un nouveau mode opératoire pour la préparation du camphène; par M. *Pariselle* 1901
— Voir *Ammoniaque*, *Carburant*, *Electricité industrielle*, *Kaolins*, *Métallurgie*.
Chimie médicale. — Combinaisons mercuriques de l'hexaméthylènetétramine; par MM. *R. Douris* et *G. Beytout* 107
Chimie minérale. — Sur la coexistence du celtium (élément 72) et des terres yttriques; par MM. *G. Urbain* et *A. Dauvillier* 622
— Sur l'hydroxyde thalleux; par M. *R. de Forcrand* 873
— La corrosion du fer en présence du sulfure de fer; par M. *Robert Stumper* 1316
— Préparation à basse température du métaphosphate de sodium; par M. *Paul Pascal* 1398
— Sur le molybdate de thorium Th $(MoO^4)^2$; par M. *F. Zambonini* 1473
— Recherches sur la constitution des métaphosphates alcalins insolubles; par M. *Paul Pascal* 1712
— Voir *Kaolins*, *Spectroscopie*.
Chimie organique. — Sur un polymère de l'acide cyanhydrique; par M. *Ch. Bedel* 168
— Transpositions pinacoliques et semipinacoliques. Aptitudes migratrices comparées des divers radicaux; par MM. *Tiffeneau* et Mlle *J. Lévy* 312
— Irido-dipyridinodioxalates de potassium; par M. *Marcel Delépine* 445
— Sur les cyclohexanediols-1.2 et l'ortho-chloro-cyclohexanol; par M. *Marcel Godchot* 448
— Sur deux combinaisons définies du peroxyde d'azote et du camphre; par M. *Paul Pascal* et *Garnier* ... 450
— Hydrogénation et déshydrogénation de l'huile de ricin et de ses dérivés; par M. *André Brochet* 513
— Sur l'hydratation des dialcoyléthinylcarbinols et la préparation de méthylcétones α hydroxylées; par MM. *René Locquin* et *Sung Wouseng* 516
— Action du sulfate diméthylique et du

Pages

méthylsulfate de potassium en l'absence d'eau sur les monoacides organiques; par M. *L.-J. Simon*.. 583
— Recherches sur le sulfure de picryle (I). Étude du binaire : tolite-sulfure de picryle; par MM. *A. Roche* et *V. Thomas*..... 586
— Sur la préparation de diverses pinacones par action des organomagnésiens sur quelques méthylcétones α hydroxylées; par MM. *R. Locquin* et *Sung Wouseng*..... 682
— Sur une transposition moléculaire dans la série du pseudobutyldiphénylcarbinol; par Mme *Pauline Ramart*..... 684
— Sur la séparation de l'oléate et du linoléate de méthyle par distillation fractionnée; par M. *Emile André*..... 686
— Dinitrile β oxyglutarique

$CN.CH^2.CH OH.CH^2.CN$;

par M. *Lespieau*..... 754
— Sur les acides-alcools contenus dans une huile de pépins de raisin; par M. *Emile André*..... 843
— Action méthylante et sulfonante du sulfate diméthylique sur les phénols en l'absence d'eau; par MM. *L.-J. Simon* et M. *Frèrejacque*..... 900
— *Erratum* relatif à cette communication..... 966
— Sur l'iso-indigotine et l'indine; par MM. *A. Wahl* et *W. Hansen*..... 1070
— Transpositions moléculaires accompagnant la déshydratation des alcools primaires phényléthyliques-α.α-disubstitués; par Mme *Pauline Ramart* et M. *J. Blondeau*..... 1320
— Recherches sur le sulfure de picryle. Étude du binaire trinitroanisol-sulfure de picryle; par MM. *Chaumeil* et *V. Thomas*..... 1323
— Sur l'hétésérolène; par MM. *Max* et *Michel Polonovski*..... 1480
— Diiodométhylates dans la série de l'ésérine; par MM. *Max* et *Michel Polonovski*..... 1813
— Sur les méthylhepténols tertiaires (I). Leur dédoublement cétonique; par MM. *V. Grignard* et *R. Escourrou*. 1860
— Sur la constitution de l'ésérine; par MM. *Max* et *Michel Polonovski*.. 1896
— Voir *Acétylène*, *Acides organiques*, *Amines*, *Analyse chimique*, *Carbures*, *Catalyse*, *Ethers*, *Glycérine*, *Hydrolyse*, *Oxydation*, *Sucres*, *Synthèse chimique*, *Thallium*, *Urées*.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — Nouvelles recherches sur le venin des fourmis; par M. *Robert Stumper*..... 330

CHIMIE PHYSIQUE. — Procédé pour servir à l'étude de la vitesse de formation des précipités; par M. *Roger G. Boussu*..... 93
— L'évolution de la molécule d'hydroxyde ferrique au sein de l'eau; par Mlle *S. Veil*..... 101
— Séparation de mélanges liquides par distillation et atmolyse combinées. Obtention de l'alcool éthylique et de l'acide nitrique pratiquement purs; par MM. *Edouard* et *Remy Urbain*..... 166
— Sur une classe d'hydrates peu stables appelés hydrates de gaz; par M. *Bouzat*..... 253
— Atmolyse d'un mélange gazeux à plusieurs constituants. Application au mélange utilisé dans l'industrie de l'acide sulfurique par le procédé de contact; par MM. *Edouard et Remy Urbain*.... 304
— Sur les hydrates de krypton et d'argon; par M. *R. de Forcrand*.. 355
— Purification des liquides par l'action simultanée de la force centrifuge et du champ électrique; par MM. *Alfred Marx* et *Jean Rozières*. 1396
— Sur un hydrate d'iode; par M. *P. Villard*..... 1516
— Sur l'entraînement du toluène à la vapeur; par M. *Jean Barbaudy*.. 1616
— Influence, sur la miscibilité du phénol et de l'eau, d'une troisième substance; par M. *A. Boutaric* et Mlle *Y. Nabot*..... 1618
— Influence des sels neutres sur les gels de silice; par M. *S. Glixelli*..... 1714
— Sur le paramagnétisme et la structure de l'atome; par M. *A. Dauvillier*..... 1802
— Sur un cas curieux de séparation d'inverses optiques par distillation et par cristallisation; par

Pages.

MM. *G. Dupont* et *L. Desalbres*.. 1881
— Isothermes d'adsorption des sels par le bioxyde de manganèse; par M. *M. Geloso*.................. 1884
— Sur le déplacement réciproque des corps entraînés par les précipités; par M. *André Charriou*.......... 1890
— Voir *Alliages*, *Carburant*, *Céramique Cristallographie*, *Cryoscopie*, *Dissociation*, *Dissolution*, *Dynamique chimique*, *Electrochimie*, *Explosifs*, *Hydrolyse*, *Ions*, *Métallurgie*, *Osmose*, *Photochimie*, *Photolyse*, *Physique*, *Pouvoir rotatoire*, *Résistance des matériaux*, *Spectroscopie*, *Thermo-chimie*, *Viscosité*.

Chimie végétale. — Nouvelles recherches relatives à la présence de la loroglossine dans les orchidées indigènes; par M. *P. Delauney*... 598
— Sur les prétendues dextrines de réserve des monocotylédons; par MM. *H. Colin* et *H. Belval*...... 1493
— Étude biochimique sur la composition du *Monotropa hypopitys* L. : obtention d'un glucoside nouveau, la monotropéine; par. M. *Marc Bridel*........................ 1742
— Sur la composition chimique du *Monotropa hypopitys* L.; par M. *A. Goris*................... 1826
— Voir *Amidon*.

Choc. — Similitudes des chocs en médecine; leur superposition dangereuse, mais évitable; par M. *Foveau de Courmelles*.............. 1429

Chronographie. — Enregistrement du temps, en chiffres, au millième de seconde, d'après un pendule entretenu électriquement; par M. *Henri Chrétien*...................... 882

Chronologie. — Une nouvelle interprétation de la période sothiaque; par M. *Hilaire de Barenton*...... 944

Chronométrie. — L'isochronisme et le frottement quadratique; par M. *Jules Andrade*.................. 473
— Assemblage de quatre ressorts réglants, produisant un frottement constant et un frottement quadratique; par M. *Jules Andrade* 811

Cinématique. — Sur une propriété cinématique des surfaces W; par M. *Luigi Bianchi*............. 721

Pages.

Cinématographie. — Voir *Peinture*.

Collège de France. — M. le *Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts* invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats à la chaire de *physiologie des sensations*.................. 1780

Commissions académiques. — MM. *E. Picard*, *G. Bigourdan*, *G. Kœnigs*, *A. Lacroix*, *E. Haug*, *F. Mesnil* sont élus membres de la commission qui devra présenter une liste de candidats à la place d'Associé étranger vacante par le décès de M. *Schwendener*................ 358
— MM. *L. Bouvier* et *G. Bigourdan* sont délégués à la *Commission des bibliothèques et archives de l'Institut*.......................... 358
— M. *Emile Picard* est délégué à la *Commission des Beaux-Arts de l'Institut*..................... 358
— M. *H. Deslandres* et M. *Th. Schlœsing* sont désignés pour représenter, avec MM. les Secrétaires perpétuels, l'Académie au sein de la *Commission de la Maison de l'Institut de France à Londres*........ 552
— Commissions de prix............. 642

Commission internationale des éléments chimiques. — M. *G. Urbain* présente le premier rapport de cette Commission qui renferme la Table des Isotopes et celle des Éléments radioactifs........... 482

Commissions ministérielles. — M. le *Ministre de l'Instruction publique* invite l'Académie à élire quatorze membres du Conseil national de l'Office national des recherches scientifiques et industrielles et des inventions..................... 553
— MM. *Picard*, *Appell*, *Sebert*, *Painlevé*, *Bigourdan*, *Lecornu*, *Branly*, *Moureu*, *Kœnigs*, *Rateau*, *Viala*, *Janet*, *Joubin*, *Ferrié* sont désignés..... 723
— M. *A. Lacroix* est désigné pour faire partie de la Commission de répartition des fonds du pari mutuel destinés aux œuvres de bienfaisance, en remplacement de M. *G. Lemoine*, décédé.................. 876

Conchyliologie. — Texture chitineuse fondamentale de la coquille des

Pages.
Foraminifères porcelanés; par M. *Eugène Lacroix* 1673
Congrès international de propagande d'hygiène sociale. — M. *Widal* est délégué à la séance d'ouverture de ce congrès 1115
Congrès national des pêches et industries maritimes. — M. *L. Joubin* est délégué au VIIIe Congrès à Boulogne en septembre 1923. 429
Cosmogonie. — L'évolution collective et discontinue des étoiles et des nébuleuses; par M. *Emile Belot* .. 567
— Voir *Gravitation*.
Cristallographie. — Sur les cristaux liquides de l'anisal-*p*-amidoazotoluol; par M. *P. Gaubert* 907
— L'arrangement des atomes dans les cristaux de cinabre; par M. *Ch. Mauguin* 1483
— Extrait d'une note de M. Astbury relative à la structure de l'acide tartrique, indiquée par Pasteur; par M. *Wallerant* 1518
— Voir *Electricité*, *Pouvoir rotatoire*, *Rayons X*, *Spectroscopie*, *Viscosité*.
Cryoscopie. — Contribution à l'étude cryoscopique des mélanges binaires organiques; par M. *Nicolas Perrakis* 1137
Cryptogamie. — Voir *Mycologie*.
Cytologie. — Sur le vieillissement de la cellule hématique; par M. *L.-M. Bétances* 265
— Sur l'imitation des plasmodies et des structures chromatiques avec le silicate de sodium noirci par le noir d'ivoire et des gouttes d'alcool en diffusion; par M. *A. L. Herrera* .. 1011
Cytologie animale. — Sur la double périodicité cyclique de la zone de division chez un cilié, *Colpidium colpoda*, mise en évidence par la réversion de la scission; par MM. *Boris Ephrussi* et *André Lwoff* 930
— Les cellules interstitielles dans le testicule d'Annélides, *Stilaria* et *Lumbricus*; par M. *Armand Dehorne* .. 1674
— Voir *Anatomie pathologique*, *Embryologie*, *Hématologie*, *Spermatogenèse*.
Cytologie végétale. — Nouveau mode de division cellulaire chez les Conjuguées unicellulaires (Desmidiacées *sensu lat.*); par M. *A. de Puymaly* 186
— Sur la nature de la sécrétion des stérinoplastes du Lis blanc; par M. *Marcel Mirande* 769
— Le vacuome dans les grains de pollen des Gymnospermes; par M. *Pierre Dangeard* 915
— Sur le rôle du centrosome dans la cinèse; par M. *Pierre Georgévitch*. 1084
— Remarque sur la fixation au liquide de Merkel et sur certaines structures nucléaires soi-disant provoquées par les fixateurs à base d'acide osmique; par M. *R. de Litardière* 1495
— Recherches cytologiques sur l'état de l'huile dans les graines oléagineuses. La graine mûre; par MM. *A. Policard* et *G. Mangenot*. 1841

D

Dactylographie. — Étude graphique de la frappe des dactylographes; par M. *J.-M. Lahy* 1412
Décès de membres et de correspondants. — De M. *Gaston Bonnier*, membre de la section de botanique 19
— De M. *van de Sande Bakhuyzen*, correspondant pour la section d'astronomie 149
— De M. *E. Ariès*, correspondant pour la section de mécanique 545
— De M. *Van der Waals*, associé étranger. 793
— De sir *James Dewar*, correspondant pour la section de physique générale 1269
— Du Père *Colin*, correspondant pour la section de géographie et navigation 1270
— De M. *de Freycinet*, Académicien libre 1433
Décharge oscillante. — Éclateurs à soufflage de l'étincelle dans un diélectrique gazeux; par M. *J.-L.*

Pages.
Breton 471
— *Errata* relatifs à cette communication.......................... 720
DÉTERMINANTS. — Généralisation et modifications d'un théorème de Frobenius sur un déterminant troué; par M. *Maurice Lecat*.... 972
— *Errata* relatifs à cette communication.......................... 1192
DIASTASES. — Voir *Hydrolyse, Radioactivité, Thorium.*
DIFFRACTION. — Voir *Optique physiologique, Rayons X.*
DISSOCIATION. — Sur la dissociation du chloro-iridate de potassium; par M. *G. Gire*.................... 241
— Sur la dissociation du sulfate d'argent par Mlle *G. Marchal*............ 299
DISSOLUTION. — Sur la loi de dissolution; par M. *Paul Mondain-Monval*... 301
— Points eutectiques dans les solutions salines; par M. *Paul Mondain-Monval*.................... 1313
— Contribution aux lois de la solubilité; par M. *Albert Colson*............ 1552
— Voir *Calorimétrie.*
DYNAMIQUE. — Voir *Hydrodynamique.*
DYNAMIQUE CHIMIQUE. — Interprétation cinétique de la règle de Van't Hoff; par M. *C. E. Guye*............ 835
DYNAMOMÈTRES. — Influence de la vitesse d'impact dans le tarage des ressorts dynamométriques; par M. *Charles Frémont*............ 78

E

ECLIPSES. — Sir *W. W. Campbell* annonce les résultats des premières mesures faites sur les clichés obtenus pendant l'éclipse totale de Soleil, en Australie et à Haïti.. 1036
ECONOMIE RURALE. — Voir *Sources thermales.*
ÉLASTICITÉ. — Sur un problème d'élasticité à deux dimensions; par M. *Wladimir de Belaevsky*........ 1047
— Observations sur la communication précédente de M. Vladimir de Belaevsky; par M. *Mesnager*.... 1050
— *Erratum* relatif à cette communication.......................... 1192
— Sur les mouvements infiniment petits en un point d'un corps élastique admettant un plan de symétrie; par M. *David Wolkowitsch*.......... 75
— *Erratum* relatif à cette communication.......................... 200
— Voir *Physique.*
ÉLECTIONS DE MEMBRES ET DE CORRESPONDANTS. — M. *Emmanuel de Margerie* est élu correspondant pour la section de minéralogie. 157
— M. *Philippe Glangeaud* est élu correspondant pour la section de minéralogie.................... 223
— M. *W. C. Brögger* est élu associé étranger.................... 483
— M. *Louis Gentil* est élu membre de la section de géographie et navigation. 552
— M. *Gabriel Bertrand* est élu membre de la section de chimie.......... 642
— M. *J. Cornet* est élu correspondant pour la section de minéralogie.... 723
— M. *Jules Bordet* est élu associé étranger.......................... 723
— M. *Emanuele Paternò* est élu associé étranger.......................... 821
— M. *Marin Molliard* est élu membre de la section de botanique...... 1281
— M. *Henri Villat* est élu correspondant pour la section de mécanique.... 1525
— M. *René Maire* est élu correspondant pour la section de botanique.... 1590
— Sir *Robert Hadfield* est élu correspondant pour la section de chimie. 1590
— M. *Jean Perrin* est élu membre de la section de physique générale.... 1686
ÉLECTRICITÉ. — Sur les différents aspects de la décharge électrique dans les cristaux; par MM. *G. Reboul* et *P. Blot*................ 86
— Déformation des gelées par l'action d'un courant électrique; par M. *Félix Michaud*................ 1217
— Équilibre de l'électricité sur une surface cylindrique; par M. *B. Hostinsky*.......................... 1698
— Sur quelques phénomènes d'altération superficielle du verre, décelables par les courants de haute tension; par M. *Paul Woog*...... 1797
— Sur la décharge à haute fréquence

Pages.
dans les gaz raréfiés; par MM. *C. Gutton*, *S. K. Mitra* et *V. Ylöstalo*. 1871
— Voir *Décharge oscillante*, *Fluorescence*, *Métrologie électrique*, *Ondes électromagnétiques*, *Polynomes*, *Self-induction*, *Thermo-électricité*.
ÉLECTRICITÉ APPLIQUÉE. — Voir *Télégraphie sans fil*.
ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — Voir *Radiotélégraphie*.
ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE. — M. *Daniel Berthelot*, présente à l'Académie le compte rendu des travaux de la Conférence internationale des grandes lignes de transport d'énergie électrique à très haute tension. 53
— Détermination, en fonction des conditions initiales, des oscillations libres des alternateurs fonctionnant en parallèle et entraînés individuellement par des moteurs à régulation théorique instantanée et bloquée aussitôt. Application aux moteurs synchrones; par M. *A. Blondel*... 211
— Influence des régulateurs de vitesse asservis des turbo-alternateurs sur les oscillations des groupes accouplés électriquement. Cas du réglage indirect; par M. *A. Blondel*... 350
— Sur le calcul des oscillations forcées d'un groupe électrogène (ou d'un appareil analogue) tournant à une vitesse moyenne constante, mais soumis à des variations périodiques du couple moteur en même temps qu'à un effort résistant élastique variable avec l'angle d'écart; par M. *André Blondel*... 545
— Calcul élémentaire des couples d'amortissement des alternateurs régime forcé dans la théorie des deux réactions quand on néglige les résistances de l'armature; par M. *André Blondel*... 629
— Les fours à induction à haute fréquence; par M. *R. Dufour*... 828
— Voir *Gyroscopes*.
ÉLECTRICITÉ MÉDICALE. — Influence de la d'Arsonvalisation diathermique sur les glandes endocrines. Application au traitement de la maladie de Basedow; par M. *H. Bordier*... 790
ÉLECTROCHIMIE. — Action de la gélatine sur les piles de concentration; par M. *René Audubert*... 838
— Voir *Fluorescence*.
ÉLECTROMAGNÉTISME. — Sur la géométrisation des forces électromagnétiques; par M. *S. Rabinovitch*... 1294
— Origine électromagnétique de la masse inerte et de la masse pesante; par M. *Max Morand*... 1373
— Sur le rayonnement électromagnétique de particules électrisés; par par M. *Max Morand*... 1793
— Voir *Aimantation*, *Chimie physique*, *Electricité industrielle*, *Ondes électromagnétiques*, *Physique mathématique*, *Relativité*, *Résistance des matériaux*.
ÉLECTRONS. — Voir *Krypton*, *Physique atomique*.
ÉLECTRO-OPTIQUE. — Détermination de la biréfringence électromagnétique des liquides actifs; par M. *R. de Mallemann*... 380
— Voir *Radioctivité*, *Rayons X*, *Spectroscopie*.
EMBRYOGÉNIE ANIMALE. — Action inhibitrice du milieu intérieur des Batraciens anoures sur la fécondation et l'activation parthénogénétique de leurs œufs; par M. *A. Weber*... 1255
— L'ovogenèse et la segmentation de *Myriothela Coksi* (*Vigurs*); par M. *P. Benoit*... 1836
ÉMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — Embryogénie des Valérianacées. Développement de l'embryon chez le *Valerianella olitoria* Poll; par M. *René Souèges*... 1081
— Embryogénie des Géraniacées. Développement de l'embryon chez l'*Erodium cicutarium* L'Hérit; par M. *René Souèges*... 1565
EMBRYOLOGIE ANIMALE. — Recherches sur le P_H d'arrêt de la division de l'œuf d'Oursin; par MM. *F. Vlès*, *J. Dragoiu* et *M. Rose*... 133
— Conséquences cytologiques de l'abaissement du P_H extérieur sur l'évolution de l'œuf d'Oursin; par MM. *J. Dragoiu*, *F. Vlès* et *M.*

Pages.

Rose.......................... 409

— Sur la réversibilité des phénomènes d'arrêt par abaissement du P_H dans l'évolution des œufs d'Oursin; par MM. *M. Rose*, *J. Dragoiu* et *F. Vlès*.......................... 531

— Sur quelques propriétés physico-chimiques des constituants de l'œuf d'Oursin; par M. *Fred Vlès*, Mlle *G. Achard* et M. *Dj. Prikelmaier*.......................... 1179

— Remarques sur la membrane de fécondation de l'œuf d'Oursin (*Paracentrotus lividus*); par M. *R. Courrier*.......................... 1260

— Influence de P_H ascendant de l'eau de mer sur la rapidité de la segmentation des œufs d'*Halosydna* et de *Sabellaria*; par M. *Alphonse Labbé*.......................... 1423

— La composition des œufs au cours de l'ovogenèse chez la grenouille rousse (*Rana fusca*); par MM. *E.-F. Terroine* et *H. Barthélemy*........ 1757

Energétique physiologique. — Organisation du travail à la pelle; par M. *Jules Amar*................ 1923

— Voir *Dactylographie.*

Engrais. — Recherches sur l'assimilabilité des engrais phosphatés; par MM. *A. Demolon* et *L. Boischot*.. 777

Ensembles (Théorie des). — Sur les suites transfinies de nombres réels; par M. *Paul Dienes*............ 67

— Sur les ensembles mesurables; par M. *Tadé Wazewski*............ 69

— Sur l'approximation les uns par les autres de nombres rationnels ou incommensurables appartenant à des ensembles énumérables donnés; par M. *Emile Borel*............ 794

— Sur la distance de deux ensembles; par M. *Maurice Fréchet*......... 1123

Entomologie. — L'évolution de l'appareil copulateur dans le genre *Choleva* Latr.; par M. *René Jeannel*.. 1014

— Sur le mimétisme des Sauterelles Ptérochrozées; par M. *P. Vignon*. 1348

— Nouvelles recherches sur la mouche de Goloubatz; par M. *Jivoin Georgévitch*.......................... 1500

— Une station nouvelle du Termite lucifuge; par M. *Pierre Lesne*.... 1507

— Voir *Biospéléologie*, *Zoogéographie.*

Entomologie agricole. — Un plan de lutte contre le Doryphore de la Pomme de terre; par M. *J. Feytaud*.......................... 774

Équations. — Sur la détermination grapho-mécanique des systèmes de solutions réelles ou imaginaires des équations algébriques; par M. *J. Roudaire-Miégeville*....... 359

— Sur une généralisation du théorème de Jacobi; par M. *Juvet*......... 486

— Voir *Nomographie.*

Errata. — 200, 272, 340, 424, 542, 620, 720, 792, 872, 932, 966, 1192, 1268, 1432, 1512, 1580, 1680, 1772, 1936

Ethers. — Sur les éthers camphométhanoïques-1-éthanoïques-1 symétriques et mixtes et leurs produits de saponification; par MM. *A. Haller* et *L. Palfray*............ 1193

Explosifs. — Sur la formation de l'onde explosive; par M. *P. Laffitte*.... 1392

F

Fermentation. — Influence du cuivre sur la fermentation lactique; par M. *Marc Fouassier*............ 606

— Sur la réversibilité de l'action fermentaire de la *d*-mannosidase α; par M. *H. Hérissey*............ 779

— Adaptation, transmission des caractères acquis, sélection par concurrence vitale chez le ferment lactique; par MM. *Henry Cardot* et *Henri Laugier*.................. 1087

— Action de la levure sur le lactate de chaux; production d'alcool éthylique; par M. *E. Kayser*......... 1662

— Voir *Œnologie.*

Fluorescence. — Sur les piles à liquide fluorescent; par M. *A. Grumbach*.. 88

Fonctions. — Sur la représentation des fonctions d'une variable réelle; par M. *Th. Anghelutza*.............. 55

— Sur les fonctions rationnelles permutables; par M. *J. F. Ritt*...... 60

Pages.
— Sur le calcul effectif d'une fonction quasi-analytique dont on donne les dérivées en un point; par M. *Torsten Carleman*.................... 64
— Remarques sur la note précédente; par M. *Emile Borel*............ 66
— Sur les fonctions entières qui ont tous leurs zéros sur une droite; par M. *Martin Ålander*............ 158
— Sur les fonctions continues et leurs dérivées; par M. *Stoïlow*........ 227
— Sur l'existence effective des fonctions représentables analytiquement de toute classe de Baire; par M. *C. Kuratowski*.................... 229
— Sur l'itération des fonctions multiformes; par M. *Georges J. Rémoundos*...................... 274
— Sur les surfaces du quatrième degré à quinze points doubles et les fonctions abéliennes singulières; par M. *C.-E. Traynard*............. 560
— Sur les fonctions quasi-analytiques de variables réelles; par M. *C. de la Vallée Poussin*.............. 635
— Sur la croissance des fonctions entières d'ordre fini, et leurs valeurs exceptionnelles dans des angles; par M. *Henri Milloux*.............. 653
— Sur quelques points d'analyse fonctionnelle; par M. *Georges Bouligand*........................ 822
— Remarque sur un théorème de M. Carleman; par M. *G. Valiron*.. 943
— Sur les fonctions uniformes de deux variables indépendantes définies par l'inversion d'un système algébrique aux différentielles totales du quatrième ordre; par M. *René Garnier*............. 1363, 1525, 1689
— Sur une opération fonctionnelle généralisant la dérivation d'ordre non entier; par M. *Paul Lévy*........ 1441
— Sur les suites infinies de fonctions et les fonctions méromorphes à valeur asymptotique; par M. *H. Milloux*. 1533
— Sur une propriété des fonctions entières; par M. *Serge Bernstein*.. 1603
— Sur certaines propriétés fonctionnelles des coniques et leurs généralisations; par M. *E.-O. Lovett*... 975
— *Erratum* relatif à cette communication.......................... 1680
— Sur les propriétés extrémales des polynomes et des fonctions entières sur l'axe réel; par M. *Serge Bernstein*...................... 1782
— Calcul des pôles simples d'une fonction méromorphe; par M. *F. H. Van den Dungen*................ 1864
FONCTIONS HARMONIQUES. — Fonction harmonique dont le gradient s'annule à l'infini; par M. *P. Noaillon*. 879
— Deux théorèmes élémentaires sur les singularités des fonctions harmoniques; par M. *Emile Picard*.... 933
— Sur les singularités des fonctions harmoniques; par M. *Emile Picard*.. 1025
— id. par M. *Georges Bouligand*. 1037, 1200, 1366
— id. par M. *Henri Lebesgue*..... 1097, 1270
FONDATION LOUTREUIL. — Rapports relatifs à l'emploi de subventions précédemment accordées :
— par M. *Léon Guillet*............. 157
— par M. *Jules Baillaud*............ 646
— par M. *Justin Jolly*............ 1525
FREINS. — Sur le mode de fonctionnement des freins d'automobile; par M. *A. Petot*..................... 1788

G

GAZ. — Étude de certains problèmes de théorie cinétique, dans l'hypothèse où la force intermoléculaire est une fonction quelconque de la distance; par M. *J. Haag*................. 32
— Sur la répartition des molécules d'une masse gazeuse; application à la formule de Van der Waals; par M. *J. Haag*.................. 372
GÉODÉSIE. — Quelques propriétés des réseaux cubiques tracés sur une sphère; par M. *J. Chuard*....... 73
— Méthode pour obtenir les coordonnées géographiques à une hauteur quelconque de l'astre; par M. *Antonio Cabreira*...................... 1052
— Voir *Topographie.*
GÉOGRAPHIE. — Voir *Cartographie.*
GÉOGRAPHIE MATHÉMATIQUE. — Les réseaux; par M. *A. Sainte-Laguë*. 1202

Pages.

— Voir *Géodésie*.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — Sur le delta pliocène du Var et les niveaux d'érosion des vallées y débouchant; par M. *Emmanuel de Martonne*.. 41

— Sur les terrasses d'obturation glaciaire; par M. *Raoul Blanchard*.. 457

— M. le *Ministre des Colonies* adresse une note relative à une île nouvellement apparue.................. 969

— Le Graben Central-Africain entre le lac Tanganika et le lac Albert-Édouard; par MM. *F. Delhaye* et *A. Salée*...................... 1905

— Voir *Géophysique, Hydrologie, Minéralogie*.

GÉOLOGIE. — Sur les Ammonites recueillies par le « *Pourquoi Pas?* » ; par MM. *W. Kilian* et *F. Blanchet*.. 155

— Observations nouvelles sur la géologie dela Hague (Manche); par M. *A. Bigot* et Mme *E. Jérémine*. 221

— Sur l'existence du Silurien supérieur et du Dévonien inférieur en Transcaucasie méridionale; par M. *Pierre Bonnet*.............. 319

— Sur l'existence de calcaires à Fusulines ouraliens en Transcaucasie méridionale; par M. *Pierre Bonnet*. 456

— Sur la faune et l'âge du calcaire carbonifère de Saint-Ségal (Finistère); par M. *Y. Milon*.............. 591

— Les granites du Champ du Feu (Vosges); par M. *E. Schnæbelé*.. 693

— Observations géologiques sur l'Yémen par M. *Pierre Lamare*.......... 956

— Sur l'origine charriée du massif liasique situé à l'Ouest de Narbonne; par M. *L. Barrabé*............. 1169

— Sur le Mésozoïque du Prarion (vallée de l'Arve); par MM. *Paul Corbin* et *Nicolas Oulianoff*........... 1171

— Le Pliocène de la péninsule du Cap Bon (Tunisie); par M. *A. Allemand-Martin*.................. 1173

— Les faciès à Spongiaires du Sénonien du bassin du Beausset et leurs conditions de gisement; par M. *Léon Moret*................. 1237

— De l'Immidir, feston de l'Enceinte Tassilienne (Sahara Central); par M. *C. Kilian*................. 1240

— Sur l'existence du Coniacien dans le massif du Daralagœz (Transcaucasie méridionale); par M. *Pierre Bonnet*........................ 1339

— Sur la limite entre le Danien et le Maëstrichtien en Crimée; par Mlle *Gertrude Weber*........... 1486

— Sur le Néocrétacé du Daralagœz (Transcaucasie méridionale); par M. *Pierre Bonnet*.............. 1633

— Voir *Géographie physique, Géophysique, Glaciologie, Hydrologie, Lithologie, Minéralogie, Pétroles, Stratigraphie, Tectonique*.

GÉOMÉTRIE. — Voir *Arithmétique, Fonctions, Géographie mathématique*.

GÉOMÉTRIE ANALYTIQUE. — Sur la congruence des normales à une quadrique; par M. *Gino Fano*...... 1866

— Sur les courbes définies par des suites récurrentes; par M. *G. Bratu*.... 70

— Sur l'autogénération des courbes; par M. *N. Abramesco*........... 651

— Remarque sur les normalies des quadriques à centre le long de leurs lignes de courbure; par M. *d'Ocagne*..................... 1032

— Systèmes de points surabondants dans le plan; application à l'étude de certaines surfaces; par M. *Bertrand Gambier*................ 1287

— Courbes minima; courbes à torsion constante; courbes de Bertrand. Déformation du paraboloïde et de l'hyperboloïde de révolution; par M. *Bertrand Gambier*........... 1785

— Voir *Fonctions*.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — Sur les figures polaires réciproques par rapport à une sphère; par M. *C. Guichard*...................... 217

— Sur deux systèmes triples orthogonaux qui se correspondent de telle sorte que la seconde tangente de l'un soit polaire réciproque de la troisième tangente de l'autre par rapport à un complexe linéaire; par M. *C. Guichard*............ 425

— Les systèmes de courbes sur une surface et le parallélisme de M. Levi Civitâ; par M. *A. Myller*........ 483

— Sur les systèmes triplement indéterminés de sphères, de cercles et de deux points; par M. *C. Guichard*. 808

— Sur les systèmes triplement indéterminés de cercles Ω; par M. *C.*

Pages.
Guichard 1109
— Sur les variétés sans torsion; par M. *René Lagrange* 1121
— Sur les systèmes triples orthogonaux de M. Bianchi. Application à un problème sur les polaires réciproques par rapport à une sphère; par M. *C. Guichard* 1353
— Sur deux systèmes triples orthogonaux qui se correspondent de telle sorte que les premières tangentes aux deux systèmes soient polaires réciproques par rapport à un complexe linéaire; par M. *C. Guichard* 1587
— Sur des classes remarquables de congruences W; par M. *Jules Drach* 1591
— Sur les courbes de Bertrand et en particulier sur celles qui sont algébriques; par M. *Bertrand Gambier*. 1594
— Voir *Cinématique*, *Transformations*.
GÉOMÉTRIE TENSORIELLE. — Sur la géométrie tensorielle; par M. *Paul Dienes* 370
GÉOPHYSIQUE. — Quantité de chaleur reçue par la Terre au cours des saisons; par M. *Jean Mascart* 123
— L'envahissement de la mer sur la côte de Berck et les enseignements de la géologie récente; par M. *A. Briquet* 315
— Mesures de température dans un sondage de 1700^{m} de profondeur près de Molières (Gard); par M. *F. Raspal* 317
— Voir *Magnétisme terrestre*, *Physique du Globe*.
GLACIOLOGIE. — Les glaciations des vallées pyrénéennes françaises et leurs relations avec les terrasses fluviales; par M. *Charles Depéret*. 1519
— Voir *Géographie physique*.
GLYCÉRINE. — Caractérisation des alcoylglycérines; par M. *Raymond Delaby*. 396
— Préparation de quelques éthers et de quelques dérivés glycidiques des alcoylglycérines; par M. *Raymond Delaby* 589
— Quelques dérivés de la glycérine

$$CH^2OH.CH\,OH.C \equiv C.CH^2OH;$$

par M. *Lespieau* 1068
— Action des composés organomagnésiens mixtes sur l'épibromhydrine de l'éthylglycérine; par M. *Raymond Delaby* 1153
— Action des halogénures de magnésium sur l'épibromhydrine de l'éthylglycérine; par M. *Raymond Delaby* 1326
— Sur la tétraméthylglycérine; par MM. *Pastureau* et *H. Bernard* 1400
— Action de l'acide formique sur l'éthylglycérine. Passage à la β-éthylacroléine; par M. *Raymond Delaby* .. 1898
GRAVITATION. — Sur la théorie de la gravitation; par M. *L. Decombe* .. 292
— Sur le champ gravitationnel de *n* corps; par M. *J. Haag* 1205
— Champ gravifique dû à une sphère massique, en tenant compte de la constante cosmique; par M. *Maurice Nuyens* 1376
— Sur le champ de gravitation; par M. *J. Le Roux* 1544
— Synthèse de la gravifique; par *Th. De Donder* 1700
— Voir *Electromagnétisme*, *Relativité*.
GYNANDROMORPHISME. — Production expérimentale du gynandromorphisme biparti chez les oiseaux; par MM. *A. Pézard*, *Knud Sand* et *F. Caridroit* 615
GYROSCOPES. — Sur les analogies gyroscopiques des machines électriques synchrones et asynchrones et sur la transposition en mécanique de certains diagrammes de l'électrotechnique; par M. *B. Salomon* 661
— Voir *Navigation*.

H

HÉLICOPTÈRE. — Sur les vols effectués à Valentigney (Doubs), le 28 avril et le 1er mai 1923, à bord de l'hélicoptère « Œhmichen-Peugeot n° 2 »; par M. *Etienne Œhmichen* 1791
HÉMATOLOGIE. — Sur les éléments

Pages.
minéraux du sang; par MM. *A. Desgrez* et *J. Meunier*.......... 608
— Sur la différentation spécifique de la cellule hématique chez les métazoaires; par M. *L.-M. Bétances*.. 924
— La cytohématogenèse chez les métazoaires; par M. *L.-M. Bétances*.. 1252
— Mensuration de la pression artérielle par la méthode sanglante. Procédé hémodynamométrique très exact et d'application courante; par M. *Louis Desliens*.............. 1750
— Hémodynamométrie veineuse. Hémodynamométrie cardiaque; par M. *Louis Desliens*.............. 1918
HÉRÉDITÉ. — Expériences montrant la non-hérédité d'un caractère acquis par MM. *L. Cuénot*, *R. Lienhart* et *M. Mutel*..................... 611
HEURE ASTRONOMIQUE. — Voir *Bureau international de l'heure, Ondes hertziennes.*
HISTOCHIMIE. — Evolution des grains de fécule dans le tubercule de la pomme de terre; par MM. *Lindet* et *P. Nottin*.................. 149
HISTOGENÈSE. — La genèse des nématocystes des Nudibranches; par M. *Alphonse Labbé*.............. 1508
HISTOIRE DE L'ASTRONOMIE. — Sur les coordonnées des Observatoires ou Cabinets de la Muette et de Passy; par M. *G. Bigourdan*........... 202
— Le Cabinet du Roi et les découvertes oubliées de Rochon; par M. *G. Bigourdan*...................... 341
HISTOLOGIE. — Ferments oxydants et thermogenèse; par M. *G. Marinesco*........................ 131
— Étude histologique du testicule d'un Plectognathe, l'*Orthagoriscus mola*, Schn; par M. *Marc Romieu*..... 714
— Contribution à l'histologie comparée du muscle strié; par M. *Marc Romieu*....................... 864
— Imperméabilité à l'urée de divers tissus des poissons Sélaciens; par MM. *Marcel Duval* et *P. Portier*. 920
— La minéralisation des coupes histologiques par calcination et son intérêt comme méthode histochimique générale; par M. *A. Policard*.... 1012
— Détection histochimique du fer total dans les tissus par la méthode de

Pages
l'incinération; par M. *A. Policard*. 1187
HORTICULTURE. — Voir *Biologie végétale, Sources thermales.*
HYDRAULIQUE. — Sur le rendement des turbines à réaction munies de tubes d'aspiration; par M. *de Sparre*... 935
— *Errata* relatifs à cette communication.......................... 1432
— Au sujet des coups de bélier dans les conduites de refoulement; par M. *de Sparre*.................. 1356
HYDRODYNAMIQUE. — Sur l'unicité des mouvements glissants; par M. *A. Weinstein*..................... 493
— *Errata* relatifs à cette communication.......................... 620
— Sur le mouvement rotationnel, mais permanent, des liquides doués de viscosité, lorsque les trajectoires sont planes et verticales; par M. *J. Grialou*.................. 566
— Sur le paradoxe de d'Alembert; par M. *D. Riabouchinski*............ 1128
— Voir *Hydraulique, Physique mathématique, Viscosité.*
HYDROLOGIE. — Considérations sur la formation des sources; par M. *Diénert*......................... 125
— Contribution à l'étude de la circulation des eaux dans la craie; par M. *F. Diénert*.................. 454
— Sur la circulation souterraine en terrains fissurés; par M. *F. Diénert*.. 756
— *Errata* relatifs à cette communication.......................... 932
— Sur le dosage de la silice dans les eaux; par MM. *F. Diénert* et *F. Wandenbulcke*.................. 1478
— Les bassins artésiens de l'Australie; par M. *Edouard Imbeaux*........ 1681
— Relations entre la radioactivité, la température et la sulfuration des sources de Bagnères-de-Luchon. Hypothèse explicative; par M. *Adolphe Lepape*................ 1908
— Mesure du degré d'ionisation des eaux minérales; par MM. *Allyre Chassevant* et *Chouchak*............ 1910
— Voir *Océanographie*, *Radioactivité*, *Sources thermales.*
HYDROLYSE. — Hydrolyse diastasique des glucosides d'alcools. Détermination des poids moléculaires; par M. *H. Colin* et Mlle *A. Chau-*

Pages.
dun.......................... 440
— Sur l'hydrolyse du maltose par l'extrait de malt; par M. *L. Maquenne*........................ 804
HYGIÈNE. — Voir *Respiration*.
HYGIÈNE PROFESSIONNELLE. — Rôles respectifs du plomb et de l'essence de térébentine dans la pathologie professionnelle des peintres; par MM. *F. Heim*, *E. Agasse-Lafont* et *A. Feil*..................... 270

I

IMMUNITÉ. — Thyroïdectomie et immunité : allergie thyroïdienne; par M. *Americo Garibaldi*........... 1341
— L'immunité tissulaire dans les ectodermoses neurotropes (neurovaccine); par MM. *C. Levaditi* et *S. Nicolau*...................... 1768
INFUSOIRES. — La sexualité provoquée expérimentalement chez un Infusoire : *Glaucoma scintillans*. Prédominance des conditions du milieu dans son déterminisme; par M. *Edouard Chatton* et Mme *M. Chatton*....................... 1091
INSTITUT PASTEUR. — M. *Mesnil* fait hommage à l'Académie du livre publié par l'Institut Pasteur à l'occasion du 100e anniversaire de la naissance de *Pasteur*.......... 54
INSTITUT SCIENTIFIQUE DE L'INDO-CHINE. — Catalogue de sa bibliothèque (imp.)................. 877
INVARIANTS. — Sur l'étude des invariants relatifs aux caractéristiques des équations aux dérivées partielles du second ordre, à deux variables indépendantes; par M. *E. Gau*.................... 278
IONISATION. — Dispositif pour la mesure des fortes ionisations dues aux rayons α; par Mlle *Irène Curie*...................... 1462
— Voir *Hydrologie*, *Lithium*.
IONS. — Les acides normaux de Berthelot et la théorie des ions; par M. *F. Bourion*................. 95
— Ionisation produite par l'hydratation du sulfate de quinine; par Mlle *Chamié*.................. 251
— Sur les ions complexes formés par les sels d'argent et l'éthylène-diamine en solution aqueuse; par M. *P. Job*. 442
— Sur les ions complexes formés par les sels d'argent et l'ammoniaque ou les ammoniaques substituées; par M. *P. Job*..................... 1805
— Voir *Céramique*, *Lithium*, *Spectroscopie*.
ISOMORPHISME. — Voir *Viscosité*.

K

KAOLINS. — Action de la chaleur sur les kaolins, les argiles, etc.; par M. *A. Bigot*........................ 91
— Id. Les poteries noires; par M. *A. Bigot*......................... 510
— Kaolins, argiles, etc. Plasticité colloïdale; par M. *A. Bigot*......... 1470
KRYPTON. — Vitesses critiques des électrons dans le krypton et excitation des spectres de ce gaz; par M. *Georges Déjardin*............ 894
— Voir *Métrologie*.

L

LITHIUM. — Sur le pouvoir ionisant de l'hydrure de lithium fondu; par MM. *A. Guntz* et *Benoit*......... 970
LITHOLOGIE. — Sur les roches recueillies par MM. Chudeau et Villatte dans le Sahara central; par M. *M.-E.*

Pages.
Denaeyer........................ 1073
— Les rochers de l'Adrar des Iforass et de l'Ahaggar; par M. *M.-E. Denaeyer*........................ 1161
— *Errata* relatifs à cette communication. 1512
— Voir *Géologie, Minéralogie.*

LOGARITHMES. — Sur le logarithme d'un nombre algébrique; par M. *Mordoukhay-Boltovskoy*................ 724
— Observation de M. *Hadamard* à propos de cette communication..... 727

M

MAGNÉTISME. — Corrélation entre l'hypothèse du champ démagnétisant élémentaire et la théorie du champ moléculaire; par M. *P. Dejean*.... 388
— *Errata* relatif à cette communication 542
— Du magnétisme du nickel; par M. *Hector Pécheux*............. 1134
— *Errata* relatifs à cette communication........................ 1580
— L'évolution de la molécule d'hydroxyde de chrome au sein de l'eau; par Mlle *Suzanne Veil*.......... 1304
— Du magnétisme des aciers; par M. *Hector Pécheux*............. 1387
— *Errata* relatifs à cette communication........................ 1580
— Sur le paramagnétisme du sulfate de cobalt en solution aqueuse; par M. *Chatillon*.................. 1608
— Propriétés magnétiques des dérivés cyaniques et cyanuriques; par M. *Paul Pascal*............... 1887
— Voir *Aimantation, Electro-optique, Pouvoir rotatoire.*

MAGNÉTISME TERRESTRE. — Valeurs des éléments magnétiques à la station du Val-Joyeux (Seine-et-Oise) au 1er janvier 1923; par M. *Ch. Dufour.* 176
— Mesures magnétiques en Bretagne; par M. *Ch. Maurain*........... 847
— Mesures magnétiques en Normandie; par M. *C.-E. Brazier*........... 958
— Mesures magnétiques dans le Bassin de Paris; par M. *L. Eblé*......... 1638
— Variation séculaire de l'intensité du champ magnétique terrestre à Paris; par M. *Ch. Maurain* et Mme *de Madinhac*............. 1726
— L'agitation magnétique au Parc Saint-Maur et au Val-Joyeux et ses relations avec l'activité solaire; par M. *C.-E. Brazier*........... 1821

MARÉES. — Sur les particularités du régime amphidromique des mers ouvertes; par M. *E. Fichot*...... 1292

MATIÈRES COLORANTES. — Voir *Oxydation.*

MÉCANIQUE. — Quelques propriétés dynamiques et géométriques du mouvement résultant des conditions de M. Angelesco; par M. *Ernest Csilser*................. 983
— Sur le théorème de la moindre contrainte de Gauss; par M. *Louis Roy*.......................... 1206
— Sur le problème de Schwarzschild dans le cas d'un univers courbe; par M. *J. Haag*............... 1538
— Sur les espaces multiples et les tenseurs; par M. *Henri Eyraud*..... 1605
— Voir *Elasticité, Gyroscopes, Hydrodynamique, Pendule, Physique mathématique.*

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — Dispositif aérodynamique d'essais de moteurs; par M. *P. Dumanois*...... 491
— Note à propos de la communication précédente; par M. *Rateau*...... 493
— Voir *Chimie physique, Chronographie, Chronométrie, Dynamomètres, Electricité industrielle, Freins, Hydraulique, Métallurgie, Moteurs, Moteurs thermiques, Résistance des matériaux, Statique appliquée.*

MÉCANIQUE CÉLESTE. — Sur les séries autologues appartenant aux problèmes de deux et trois corps; par M. *Charles Bohlin*.............. 495
— Sur une expression simple de l'accélération de Mercure, dans le cas du problème des deux corps, avec prise en considération du mouvement du périhélie de la planète; par M. *Ernest Pasquier*............ 498
— M. *H. Andoyer* présente le tome I de

Pages.
son « Cours de Mécanique céleste ». 551
— Voir *Gravitation, Planètes, Relativité.*
Mécanique chimique. — Voir *Dissolution.*
Médecine. — Voir *Choc, Electricité médicale, Immunité, Microbiologie, Pharmacologie, Radiothérapie, Thérapeutique.*
Métallurgie. — Sur la désulfuration des métaux par la chaux; par M. *B. Bogitch*................. 103
— Sur l'écrouissage; par M. *Malaval*.. 731
— Variations de capacité accompagnant les traitements thermiques des corps creux en acier; par M. *Albert Portevin*...................... 897
— Sur la faculté de trempe de l'acier extra-doux à très haute température; par MM. *M. Sauvageot* et *H. Delmas*................ 1146, 1310
— Contribution à l'étude des méthodes d'essais des fontes; par M. *Jean Durand*...................... 1450
— Influence de l'écrouissage sur la résistivité des métaux et des alliages; par MM. *Léon Guillet* et *Marcel Ballay*...................... 1800
— Voir *Electricité industrielle, Magnétisme, Résistance des matériaux.*
Météorologie. — Sur les mouvements ondulatoires de l'atmosphère et leur utiliations par l'aviation sans moteur; par M. *Albert Baldit*.... 120
— Sur la perte de lumière à Paris et dans les environs; par M. *Louis Besson.* 180
— Sur la notion de phase dans l'étude de la perturbation ondulatoire de pression; par MM. *Ph. Wehrlé* et *R. Cordebas*.................. 324
— La sécheresse en Italie pendant l'année 1921; par M. *Filippo Eredia*....................... 402
— Le mistral sur la côte de Nice; par M. *Bénévent*.................. 703
— L'hydrogène triatomique et les dépressions; par M. *Joseph Lévine.* 705
— Sur la température de l'air en Tripolitaine; par M. *Filippo Eredia*.... 850
— Éléments d'une synthèse des méthodes de prévision française et norvégienne; par MM. *Ph. Schereschewsky* et *Ph. Werhlé*........ 994
— Observation d'un paranthélie dit de 90°; par M. *Louis Besson*..... 1079

Pages.
— Étude des nuages par photographie synoptique (Semaine des nuages); par MM. *Ph. Schereschewsky* et *Ph. Wehrlé*....................... 1405
— Sur la prévision méthodique du temps; par M. *R. de Montessus de Ballore*....................... 1640
— Sur la variation de température nocturne par ciel serein; par M. *J. Rivière*...................... 1643
— Sur l'opacité acoustique des mers de nuages : application à la détermination rapide de l'épaisseur d'une couche nuageuse; par M. *G. Reboul* 1646
— Sur la prévision locale du temps; par M. *de Montessus de Ballore*...... 1913
— Voir *Agriculture, Anémomètre, Géophysique, Physique du globe.*
Métrologie. — Étude de quelques radiations du néon en vue de leurs applications à la métrologie, par M. *Albert Pérard*............. 375
— Étude de quelques radiations du mercure et du krypton, en vue de leurs applications à la métrologie, par M. *Albert Pérard*........... 1060
Métrologie électrique. — Application de l'électromètre plancylindre à la détermination des pouvoirs inducteurs des corps solides; par M. *L. Bouchet*................. 377
Microbiologie. — Sur les propriétés différentes des poussières microbiennes sèches ou liquides; par M. *A. Trillat*................. 144
— Importance des sels ammoniacaux organiques dans la production de la pyocyanine par le bacille pyocyanique; par MM. *A. Goris* et *A. Liot*....................... 191
— Dissociation du complexe toxine-antitoxine diphtérique et récupération d'antitoxine; par M. *G. Ramon.* 267
— Sur le métabolisme microbien de l'acide lactique et de l'acide pyruvique; par M. *E. Aubel*......... 332
— Sur la possibilité de réaliser la désinfection intestinale; par M. *Auguste Lumière*................. 540
— Filtration des ultravirus neurotropes à travers les membranes en collodion; par MM. *C. Levaditi* et *S. Nicolau*..................... 717
— Le microbe de l'avortement épizoo-

Pages.
tique se distingue de celui de la fièvre méditerranéenne par l'absence de pouvoir pathogène pour l'homme; par MM. *Charles Nicolle*, *Et. Burnet* et *E. Conseil*......... 1034
— Mode d'action du bismuth dans les trypanosomiases et les spirilloses; par MM. *C. Levaditi* et *S. Nicolau*. 1189
— Recherches sur l'acide pyruvique considéré comme facteur d'anaérobiose; par M. *Albert Berthelot*.... 1929
— Voir *Bactériologie*, *Bois*, *Immunité*, *Infusoires*, *Pathologie expérimentale*, *Radio-activité*.
MICROPHONE. — Voir *Vol à voile*.
MICROSCOPIE. — Sur le perfectionnement du microscope par l'emploi des rayons X; par M. *G. Gouy*... 807
MINÉRALOGIE. — Sur la parsonsite, nouveau minéral radioactif; par M. *Alfred Schoep*.............. 171
— La mendelejevite, nouveau minéral radioactif; par M. *W. J. Vernadsky*....................... 993
— Existence de sables albiens et de poudingues calcaires sur les hauts plateaux de la Côte-d'Or; par MM. *E. Chaput* et *L. Perriaux*.. 1164
— Les prochlorites des roches à corindon; par M. *J. Orcel*........... 1231
— Le phénomène, dit de l'impression, dans les minerais de fer mésozoïques de France; par M. *L. Cayeux*....................... 1334
— Sur l'origine des gisements de nitrate du Chili; par M. *Jules Stoklasa*.. 1570

Pages.
— Rôle des Crinoïdes dans l'histoire des minerais de fer oolithique secondaires; par M. *L. Cayeux*.... 1631
— Sur la formation des sols dans la région de Saulieu (Morvan); par Mlle *Brepson*.................. 1816
— Observations relatives à la genèse de certains gisements manganésifères; par M. *J. Barthoux*............ 1818
— Voir *Analyse spectrale*, *Chimie industrielle*, *Géologie*, *Kaolins*, *Lithologie*, *Phosphorescence*.
MOISISSURES. — Voir *Bois*.
MORPHOLOGIE VÉGÉTALE. — Sur la nature morphologique de la « pomme » des choux-fleurs; par M. *Henri Coupin*............. 1176
MOTEURS. — Mesure rapide et précise de la fréquence de rotation de l'arbre d'un moteur par la méthode stroboscopique; par M. *A. Guillet*... 1447
— Influence de la vitesse et de la temrature sur les pertes par frottements dans les moteurs à explosions; par M. *André Planiol*..... 1044
— Contribution à la théorie des moteurs à combustion interne; par M. *Marcus Brutzkus*............... 1621, 1808
MYCOLOGIE. — Sur les jardins à champignons de l'*Eutermes Matangensis* Haviland; par M. *JeanBathellier*.. 129
— Coefficients d'utilisation et vitesse de croissance chez les champignons, par M. *Ch. Killian*............ 1828
— Voir *Chimie biologique*, *Parasitologie*.

N

NAVIGATION. — Sur un nouveau compas gyrostatique; par MM. *Henri Béghin* et *Paul Monfraix*........ 672
NÉCROLOGIE. — M. le *Président* annonce à l'Académie la mort de M. *Gaston Bonnier*, membre de la section de botanique et rappelle ses principaux travaux.................. 19
— M. *G. Bigourdan* annonce la mort de *Hendricus Gerardus van de Sande Bakhuyzen*, correspondant pour la section d'astronomie et rappelle ses principaux travaux.......... 201
— M. le *Président* annonce la mort de M. *Van der Waals*, associé étranger, et rappelle ses principaux travaux. 793
— M. *A. Lacroix* annonce la mort de M. *F. de Montessus de Ballore*, directeur du Service sismologique du Chili....................... 794
— M. le *Président* annonce la mort de sir *James Dewar*, correspondant pour la section de physique générale et rappelle ses principaux travaux....................... 1269
— M. *A. Haller* annonce à l'Académie

Pages.
le décès de M. *de Freycinet*, académicien libre et rappelle ses principaux travaux ... 1433
NOMENCLATURE. — Sur le celtium, élément de numéro atomique 72; par M. *G. Urbain* ... 469
NOMOGRAPHIE. — La résolution nomographique des systèmes d'équations; par M. *M. Alliaume* ... 232
— Sur la théorie générale de la représentation des équations au moyen d'éléments mobiles; par M. *W. Margoulis* ... 824
— Sur les équations à quatre variables représentables à la fois par simple et par double alignement; par M. *d'Ocagne* ... 1273
NOTICES HISTORIQUES. — Mme veuve *Cornu* adresse une notice sur les travaux d'*Alfred Cornu* ... 156
— Notice biographique sur Louis Ranvier; par M. *J. Jolly* ... 430
— Voir *Nécrologie.*

O

OBSERVATOIRE DE MARSEILLE. — M. le *Ministre de l'Instruction publique* invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats au poste de directeur de cet Observatoire vacant par le décès de M. *H. Bourget* ... 1525
— L'Académie forme la liste suivante : 1° M. *Jean Bosler*; 2° M. *Jean Trousset* ... 1779
OCÉANOGRAPHIE. — Les Tables hydrographiques de Knüdsen, l'eau normale et les limites d'erreur dans l'analyse de l'eau de mer; por MM. *Odon de Buen* et *José Giral* ... 177
— *Errata* relatifs à cette communicatiom ... 424
— Relation entre la profondeur de la ligne d'apparition des vases et la hauteur des vagues; par M. *J. Thoulet* ... 323
— Les croisières de l'Office scientifique et technique des pêches en 1923; par M. *L. Joubin* ... 1271
— Sur la limite de la végétation dans la Manche, d'après les dragages effectués par le « *Pourquoi Pas?* »; par M. *G. Hamel* ... 1568
— Quelques gisements *de coraux sur la* côte occidentale du Maroc; par M. *Gruvel* ... 1637
— Sur l'emploi du chlorure de sodium comme étalon dans le dosage des halogènes de l'eau de mer; par MM. *J. Giral* et *F.-A. Gila* ... 1729
— Voir *Géologie, Géophysique, Marées.*
ODONTOLOGIE. — Sur la croissance dans deux directions opposées, et sur les marques de friction et de pression des molaires des mastodontes bunolophodontes et des éléphants; par M. *Stefanescu* ... 114
— Sur le raccourcissement du maxillaire inférieur des mastodontes et des éléphants; par M. *Sabba Stefanescu* ... 460
— Rapports entre l'ivoire et l'émail dentaires chez un poisson fossile (Sargodon); par M. *J.-J. Thomasset* ... 1731
ŒNOLOGIE. — Sur la préparation du vin par fermentation continue; sélection des ferments par l'alcool déjà formé; par M. *Lucien Semichon* ... 1017
ONDES ÉLECTROMAGNÉTIQUES. — Sur la propagation d'ondes électromagnétiques, entretenues le long de deux fils parallèles; par M. *G. Laville* ... 573
— Propagation d'ondes entretenues le long d'une ligne de fer; par M. *G. Laville* ... 986
— Propagation d'ondes électromagnétiques entretenues le long d'une ligne en fer; par M. *E. Brylinski.* 1458
ONDES HERTZIENNES. — Sur la propagation des ondes hertziennes à grande

Pages.
distance : ordre de grandeur des perturbations, en temps, de la propagation; par M. *G. Bigourdan*. 1099
Opalescence. — Application de la photographie à l'étude de l'opalescence critique; par M. *A. Andant*. 430
Optique. — Voir *Astronomie*, *Microscopie*, *Opalescence*, *Pouvoir rotatoire*, *Spectroscopie*.
Optique physiologique. — Nouvelles expériences sur le phénomène de Broca et Sulzer (ondulation de fatigue); par *Emile Haas*........ 188
— Diffraction de la lumière par les cils; par M. *Radu Vladesco*.......... 1247
— L'ondulation de fatigue dans différentes régions du spectre; par M. *Emile Haas*................ 1831
— Voir *Accommodation*.
Osmose. — L'origine des effets osmotiques. Transformation hydronodynamiques dans les solutions aqueuses; par M. *Henry-E. Armstrong*........................ 1892
Oxydation. — Sur l'autoxydation : essai sur le mécanisme de l'action antioxygène (V); par MM. *Charles Moureu* et *Charles Dufraisse*.... 624
— Autoxydation et action antioxygène. Propriétés catalytiques de l'iode et de ses composés. Cas de l'acroléine (VI); par MM. *Charles Moureu* et *Charles Dufraisse*..... 797
Pages.
— Sur l'oxydation de la diméthylcyclohexanone-1.3.4 et sur la synthèse de dicétones cyclopentaniques; par M. *Marcel Godchot*.......... 1151
— Passage de l'alanine à l'acide pyruvique par action directe de l'oxygène; par MM. *L.-J. Simon* et *Léon Piaux*.................... 1227
— Oxydations et réductions provoquées par les sels d'urane sous l'influence de la lumière. Action antioxygène des phénols; par MM. *Aloy* et *Valdiguié*...................... 1229
— Une vérification du pouvoir antioxygène des polyphénols : Relation entre la « solidité à la lumière » des colorants sur fibre et la présence dans leur molécule de la fonction diphénol (ortho ou para); par M. *Alfred Gillet*................ 1402
— Une application du pouvoir antioxygène des polyphénols : accroissement de la solidité à la lumière des colorants sur fibre; par MM. *Alfred Gillet* et *Fernand Giot*. 1558
— Applications des antioxygènes aux colorants. Le pouvoir antioxygène des sels cuivreux explique l'accroissement, par les sels cuivreux, de la solidité à la lumière de certains colorants sur fibre; par MM. *Alfred Gillet* et *Fernand Giot*.......... 1894

P

Paléobotanique — Sur deux espèces de fougères nouvelles pour la flore fossile des meulières de Beauce (Aquitanien); par M. *P.-H. Fritel*. 1635
Paléontologie animale. — Sur les Hippopotames subfossiles de Madagascar et sur les connexions géographiques récentes de la Grande Ile avec le continent africain; par M. *L. Joleaud*................. 117
— Sur la présence de l'*Elephas planifrons* Falconer, dans le Crag rouge (Pliocène supérieur d'Angleterre); par M. *G. Pontier*.................. 320
— Sur la morphologie de l'arc scapulaire des reptiles permiens de Madagascar; par M. *Jean Piveteau*.......................... 592
— Voir *Odontologie*, *Transformisme*.
Paléontologie humaine. — Sur un nouveau matériel industriel de l'époque néolithique; par M. *L. Franchet*....................... 255
— Voir *Préhistoire*.
Parasitologie. — Sur un Champignon du type *Ichthyophonus* parasite de l'intestin de la Truite; par MM. *L. Léger* et *E. Hesse*.............. 420
— Sur les rapports existant entre le développement des rouilles du blé

Pages.

et le climat; par M. *J. Beauverie*. 529
— Action des oxydes insolubles sur le mildiou de la pomme de terre (*Phytophthora infestans*); par M. et Mme *G. Villedieu*.................. 534
— Sur la dissémination et le transport de Nématodes du genre *Rhabditis* par les Diptères; par M. *Maurice Aubertot*...................... 1257
— Sur la mue des Crustacés Décapodes parasités par des Épicarides; par M. *Charles Pérez*.............. 1763
— Un cas de parasitisme accidentel d'une Nèpe par un Infusoire; par MM. *L. Mercier* et *R. Poisson*.... 1838
— Sur la castration des Crustacés décapodes parasités par des Épicarides; par M. *Charles Pérez*...... 1934
— Voir *Entomologie agricole*, *Perles*, *Protistologie*.

PATHOLOGIE. — La loi de viviréaction en pathologie; par M. *Jules Amar*.. 1021
— Voir *Biologie animale*, *Microbiologie*, *Tuberculose*.

PATHOLOGIE ANIMALE. — Voir *Radiologie*.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — Inoculation du virus herpétique aux organes génitaux. Transmission de l'infection herpéto-encéphalitique par contact sexuel; par MM. *C. Levaditi* et *S. Nicolau*... 146

PÉDOLOGIE. — Voir *Minéralogie*.

PEINTURE. — Sur la représentation picturale du mouvement; par MM. *André Broca* et *Jean Comandon*...................... 785

PENDULE. — Sur le pendule de longueur variable; par M. *Kyrille Popoff*... 655

PERLES. — Le cestode des perles fines des Méléagrines de Nossi-Bé; par M. *Robert-Ph. Dollfus*,.......... 1265
— Le trématode des perles de nacre des moules de Provence; par *Robert Dollfus*...................... 1427

PÉTROLES. — Le sondage pétrolifère de Crouelle, près de Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme); par M. *Ph. Glangeaud*...................... 816

PHARMACOLOGIE. — Sur une nouvelle série d'hypnotiques, les aryldialcoylglycols; par MM. *M. Tiffeneau* et *H. Dorlencourt*.............. 1343
— L'acide-éther monométhylorthophosphosalicylique; par M. *Emile Gautrelet*...................... 1770
— Action de l'insuline sur la glycémie et sur l'acidose; par MM. *A. Desgrez*, *H. Bierry* et *F. Rathery*.... 1833
— Action pharmaco-dynamique du principe insecticide des fleurs de pyrèthre; par MM. *J. Chevalier* et *Fernand Mercier*.............. 1847

PHOSPHORESCENCE. — Recherches sur la phosphorescence cathodique du rubis; par M. *J. Rossignol*....... 1459

PHOTOCHIMIE. — Action de la lumière sur les émétiques; par M. *Volmar*. 1465
— La décomposition photochimique des corps solides; par M. *Albert Noyes Jr*.................... 1468
— Voir *Photographie*.

PHOTOGRAPHIE. — Sur la sensibilité des plaques photographiques aux sels de mercure; par M. *G. Athanasiu*. 1389
— Technique photographique pour la mise en évidence de faibles déformations dans les objets rectilignes; par M. *L. Bull*................ 1612
— Voir *Météorologie*, *Opalescence*.

PHOTOLYSE. — Photolyse de l'acide tartrique et des acides-alcools; par M. *Volmar*.................... 742

PHOTOMÉTRIE. — Voir *Astronomie physique*.

PHYSIOLOGIE. — Voir *Accommodation*, *Anesthésie*, *Chimie biologique*, *Dactylographie*, *Energétique physiologique*, *Hématologie*, *Histologie*, *Immunité*, *Optique physiologique*, *Pharmacologie*, *Thorium*, *Toxicologie*, *Vitamines*.

PHYSIOLOGIE ANIMALE. — Variations de l'excitabilité neuromusculaire sous l'influence de la suppression et du rétablissement de la circulation d'un membre chez l'homme; par MM. *Georges Bourguignon* et *Henri Laugier*...................... 195
— *Erratum* relatif à cette communication........................ 424
— Le réflexe laryngo-cardiaque; par MM. *Charles Richet*, *D. Garrelon* et *L. Santenoise*................ 347
— Unité de métabolisme énergétique et masse active des organismes; par MM. *Emile-F. Terroine*, *A. Feuerbach* et *E. Brenckmann*.... 462

Pages.

— Intervention de la rate dans les phénomènes d'adaptation aux changements de salinité; par Mlle *France Gueylard*.................... 917
— Sur les larmes et les fonctions de la glande lacrymale; par M. *Raphael Dubois*....................... 1001
— Les contractions rythmiques des Vorticelles; par M. *Fernandez Galiano*....................... 1008
— La rate, organe utile, non nécessaire; par M. *Charles Richet*.......... 1026
— L'acérébellation expérimentale chez les lézards; par M. *E. Leblanc*.. 1182
— Choc et réactions parasympathiques; par M. *J. Gautrelet*............ 1185
— La tension superficielle, le gonflement et la narcose; par M. *W. Kopaczewski*.................. 1576
— Rôle de la rate dans la nutrition; par M. *Charles Richet*...............1581
— Les vibrations nerveuses motrices dans la série animale; par M. *J. Athanasiu*..................... 1651
— Sur quelques facteurs ostéodystrophiques et leur action suivant les espèces animales; par MM. *Georges Mouriquand* et *Paul Michel*..... 1655
— Sur un nouveau mode de sécrétion interne : La Neurocrinie; par MM. *P. Masson* et *Louis Berger*.. 1748
— Sur l'origine des accidents provoqués chez l'homme par les fortes dépressions atmosphériques et sur la protection de l'aviateur contre les troubles d'ordre anoxhémique; par M. *J. Beyne*............... 1920
— Voir *Chimie physiologique*, *Gynandromorphisme*, *Histologie*, *Reproduction*, *Sexualité*, *Vitamines*, *Vol naturel.*

PHYSIOLOGIE DES SENSATIONS. — Du retard réductible de franchissement des synapses dans la propagation de l'excitation lumineuse de la rétine à l'écorce cérébrale; par M. *Henri Piéron*........... 711
— Sur une sensibilité nouvelle du tact; par M. *Charles Henry*........... 1744
— Expériences sur une sensibilité nouvelle du tact; par M. *Jules Courtier*. 1747

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — De l'importance du calcium et du potassium dans la physiologie pathologique du cancer; par M. *Maurice Wolf*...................... 1932

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — Sur la vitalité des feuilles d'*Aucuba* conservées dans le vide; par MM. *P.-A Dangeard* et *Pierre Dangeard*... 49, 1885
— A propos de la première de ces communications; par M. *L. Maquenne*....................... 205
— Sur des organites élaborateurs particuliers (stérinoplastes) de l'épiderme des écailles de bulbes de lis blanc; par M. *Marcel Mirande* 327
— L influence de l'hexaméthylènetétramine et de l'aldéhyde formique sur la morphologie interne et sur le chimisme du haricot; par MM. *E.* et *G. Nicolas*.................. 404
— Sur le système respiratoire des plantes; par M. *Methodi Popoff*.. 594
— Sur la nature protéolipoïdique des stérinoplastes du lis blanc; par M. *Marcel Mirande*............. 596
— Régénérescence de la pomme de terre par la greffe; par M. *Lucien Daniel*. 857
— Sur l'ontogenèse du *Volvox aureus* Ehr; par M. *Ch. Janet*........... 997
— Variations des parfums sous l'influence du greffage; par M. *Lucien Daniel*........................ 999
— Sur les homologies des feuilles cotylédonaires; par M. *P. Bugnon*.... 1732
— Le vide comme moyen de prolonger la faculté germinative des graines; par M. *A. Guillaumin*.......... 1737
— Recherches expérimentales sur le rougissement des cerises; par M. *Fernand Obaton*............. 1824
— Sur le déterminisme de la formation des conidies chez le *Sterigmatocystis nigra*; par M. *Marin Molliard*.... 1857
— Voir *Histochimie.*

PHYSIQUE. — Relation entre le module d'Young et le rapport de la densité à la masse atomique; par M. *Thadée Peczalski*..................... 500
— Voir *Calorimétrie*, *Thermodynamique.*

PHYSIQUE ATOMIQUE. — Contribution à la théorie dynamo-cinétique de l'électron et de l'atome; par M. *Th. Tommasina*............. 892
— *Erratum* relatif à cette communication......................... 1192
— Voir *Lithium.*

Pages.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — Voir *Embryologie.*

PHYSIQUE DU GLOBE. — Lois de variations des caractéristiques de l'air standard avec l'altitude; par M. *Rodolphe Soreau*........... 290

— Sur la constitution des couches supérieures de l'atmosphère; par M. *L. Vegard*........................ 1488

— *Erratum* relatif à cette communication.......................... 1772

— Voir *Aurore boréale*, *Géophysique*, *Magnétisme terrestre*, *Météorologie.*

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — Sur les champs massique et électromagnétique de M. Th. De Donder; par M. *A. Buhl*.................... 367

— Sur le problème intérieur de Schwarzchild dans le cas d'une sphère hétérogène; par M. *J. Haag*......... 658

— Circulation superficielle; par M. *P. Noaillon*...................... 1057

— Remarque sur la communication précédente; par M. *Hadamard*... 1059

— id. par M. *U. Cisotti*............ 1209

— Démonstration de la loi de Stefan; par M. *Auric*................. 1455

— Sur la théorie analytique de l'irréversibilité. Les transformations élémentaires isocinétiques; par M. *L. Decombe*................ 1868

— Voir *Electricité*, *Electromagnétisme*, *Gaz*, *Géométrie tensorielle*, *Gravitation*, *Relativité*, *Théorie cinétique des gaz.*

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — Fluides superficiels. Extension illimitée de l'acide oléique; par M. *A. Marcelin* 502

PHYSIQUE VÉGÉTALE. — La croissance des végétaux et les principes de la physique; par M. *V. Crémieu*.... 263

PLANÈTES. — Sur l'orbite de Mercure; par M. *L. Lecornu*............. 204

— *Erratum* relatif à cette communication.......................... 340

— Test de la rapidité réalisable dans les mesures équatoriales de petites planètes avec une lunette munie du comparateur photo-visuel et de divers accessoires; par M. *J.-Ph. Lagrula*...................... 669

— Sur la durée de révolution des planètes; par M. *L. Lecornu*........ 795

— *Errata* relatifs à cette communication.......................... 932

— Voir *Mécanique céleste*, *Relativité.*

PLIS CACHETÉS. — MM. *R. Basset*, *A. Blondel*, *E. Gau* demandent l'ouverture des plis cachetés n°s 7209, 8756 et 8917................... 224

— Rapport de M. *Paul Janet* sur le pli cacheté de M. *Raoul Basset* ouvert le 22 janvier 1923............... 429

— M. *A. Blondel* demande l'ouverture d'un pli cacheté, reçu dans la séance du 28 avril 1919 et inscrit sous le n° 8646................. 430

— M. *André Blondel* demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 21 octobre 1918 et inscrit sous le n° 8584........... 553

POLYNOMES. — Sur une catégorie de polynomes analogues aux polynomes électrosphériques; par M. *F. Defourneaux*.................. 649

— Sur certains polynomes orthogonaux; par M. *Pierre Humbert*.......... 1282

— Sur certains polynomes biorthogonaux; par M. *Angelesco*......... 1531

POTENTIEL. — Le problème de Dirichlet et le potentiel de simple couche; par M. *Gaston Bertrand*......... 1040

POUVOIR ROTATOIRE. — Pouvoirs rotatoires naturel et magnétique; par M. *R. Lucas*................... 81

— Sur les corps cholestériques; par M. *Georges Friedel*............. 475

— Action de l'acide molybdique sur le pouvoir rotatoire des éthers tartriques et maliques; par M. *E. Darmois*...................... 1140

— Voir *Chimie physique*, *Cristallographie*, *Electro-optique.*

PRÉHISTOIRE. — Sur la position géologique des ateliers néolithiques de la forêt de Montmorency; par M. *L. Giraux*................. 526

— La radiographie appliquée à l'étude des lésions osseuses humaines préhistoriques; par M. *Marcel Baudoin* 782

PROBABILITÉS. — Sur la probabilité *a posteriori*; par M. *Stanislas Millot.* 30

— *Errata* relatifs à cette communication.......................... 272

— Sur la probabilité des erreurs; par M. *Birger Meidell*.............. 280

— Sur un critérium de la valeur probante de certaines expériences;

Pages.
par M. *Stanislas Millot*.......... 564
— Sur une application de la dérivée d'ordre non entier au calcul des probabilités; par M. *Paul Lévy*... 1118
— Sur le problème du schéma des urnes; par M. *Alf. Guldberg*........... 1124
— Sur la probabilité d'existence des lois biologiques; par M. *Stanislas Millot*. 1126
— Sur les lois stables en calcul des probabilités; par M. *Paul Lévy*...... 1284
— Le problème général de la statistique discontinue; par M. *Louis Bachelier*...................... 1693
— Solutions simplifiées de problèmes de Laplace sur la probabilité des causes; par M. *Stanislas Millot*.. 1695
PROTISTOLOGIE. — Péridiniens et Zooxanthelles; par MM. *R. Hovasse* et *G. Teissier*............ 716
— Sur la nutrition des infusoires; par M. *André Lwoff*................ 928
— Voir *Microbiologie*.

R

RADIOACTIVITÉ. — Sur l'emploi de l'émanation du thorium en inhalation; par MM. *J. Cluzet* et *A. Chevallier*........ 127
— Sur quelques actions du thorium X sur les diastases et les microbes; par MM. *J.-P. Averseng*, *L. Jaloustre* et *E. Maurin*............ 193
— Sur les rayons gamma de la famille du radium et du thorium étudiés par leur effet photoélectrique; par MM. *M. de Broglie* et *J. Cabrera*. 295
— Sur la distribution de longueur des rayons α; par Mlle *Irène Curie*.... 434
— Sur les conditions physiques qui accompagnent le phénomène de nécrose produit par les rayons du radium; par Mme *J. Samuel Lattès*........................ 867
— Sur quelques valeurs numériques caractérisant les rayons du radium responsables du phénomène de nécrose; par Mme *J. Samuel Lattès*........................ 963
— Sur le rayonnement γ du radium D et du radium E; par Mlle *I. Curie* et M. *G. Fournier*............. 1301
— Sur la mesure quantitative de l'émanation du radium par le rayonnement α. Corrections dues à la pression et à la nature du mélange gazeux; par M. *Adolphe Lepape*.... 1613
— Radioactivité des sources de quelques stations des Pyrénées (Bagnères-de-Luchon, Vernet, les Escaldes, Thuès) et du Plateau Central (la Bourboule, Royat, Saint-Nectaire, Sail-les-Bains); par M. *Adolphe Lepape*...................... 1702
— Relations entre la radioactivité du radium et l'activité des radiations solaires; par M. *Albert Nodon*.... 1705
— Recherches sur la constante du polonium; par Mlle *St. Maracineanu*.. 1879
— Voir *Electromagnétisme*, *Electro-optique*, *Hydrologie*, *Ionisation*, *Métrologie*, *Minéralogie*.
RADIOGRAPHIE. — Voir *Préhistoire*.
RADIOLOGIE. — Voir *Stéréoradioscopie*.
RADIOTÉLÉGRAPHIE. — M. *Branly* présente un opuscule qu'il vient de publier sous le titre : « Télégraphie sans fil »..................... 53
— Contribution à l'étude des parasites atmosphériques; par M. *F. Baldet*. 912
— Possibilité d'étudier les phénomènes de la radiotélégraphie sur des modèles réduits; par M. *Marcel Brillouin*...................... 1776
— Voir *Ondes hertziennes*, *Self-induction*.
RADIOTHÉRAPIE. — De l'action des rayons ultra-violets sur les plaies superficielles; par MM. *Maxime Ménard* et *Saidman*............ 1677
— Dix cas de grossesse après traitement des fibromes de l'utérus par les rayons X; par M. *Maxime Ménard*....................... 1844
RAYONS X. — Sur l'augmentation de la dispersion dans les spectres photoélectriques des rayons X; par M. *René Ledrus*................ 383
— Propriétés optiques des rayons X de grande longueur d'onde; par M. *Holweck*.................... 570
— La diffraction des rayons X par les

Pages.

corps smectiques; par MM. *M. de Broglie* et *E. Friedel*............ 738
— Réflexion des rayons de Röntgen sur certains plans réticulaires remarquables de la calcite; par M. *Ch. Mauguin*...................... 1331
— Sur une apparence de réflexion des rayons X à la surface des corps; par M. *F. Wolfers*.............. 1385
— Voir *Cristallographie, Microscopie, Spectroscopie.*
RELATIVITÉ. — Le problème des *n* corps dans la théorie de la relativité; par M. *J. Haag*................. 163, 826
— Sur la gravitation einsteinienne des systèmes; par M. *H.-C. Levinson*. 234
— Observations à l'occasion de cette communication; par M. *Emile Picard*........................ 236
— Sur la théorie électromagnétique relativiste; par M. *Paul Dienes*.. 238
— Sur l'expression de la loi d'Einstein en coordonnées cartésiennes; par M. *Jean Chazy*................ 285
— Sur l'intégration locale des équations d'Einstein; par M. *Georges Darmois*...................... 646, 731
— Sur la correction apportée par la théorie de la relativité à la durée de révolution newtonienne des planètes; par M. *Jean Chazy*........ 666
— L'observation des planètes peut-elle fournir des arguments pour ou contre la relativité? par M. *J. Trousset*...................... 888
— Sur le champ gravitationnel de *n* corps dans la théorie de la relativité; par M. *H.-C. Levinson*..... 981
— Sur certaines conséquences électromagnétiques du principe de relativité; par M. *Max Morand*........ 1211
— Sur les effets séculaires de la théorie de la relativité dans les mouvements planétaires; par M. *Jean Chazy*. 1542
— Voir *Astronomie physique, Éclipses, Gravitation, Physique mathématique.*

Pages.

REPRODUCTION. — Sur les relations sexuelles chez *Perineis cultrifera* Gr.; par M. *R. Herpin*........... 417
— Comparaison entre le comportement sexuel de quelques Néréidiens des côtes de la Manche; par M. *R. Herpin*....................... 536
— Remarques sur la note précédente; par M. *Ch. Gravier*.............. 539
RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — Sur l'écrouissage par étirage; par M. *Paul Piketty*................ 282
— Cause de la formation du palier dans l'essai de traction des aciers doux; par M. *Charles Fremont*.......... 361
— Déformations permanentes à la traction et à la compression; par M. *Malaval*.................... 488
— Observations à propos de la note précédente; par M. *Mesnager*..... 490
— Sur un phénomène observé lors de l'essai de traction d'alliages en cours de transformation; par MM. *Albert Portevin* et *François Le Chatelier*.................. 507
— *Erratum* relatif à cette communication.......................... 620
— Détermination de la position des flèches dans une poutre fléchie; par M. *Sudria*.................. 1131
— Observations au sujet de cette communication; par M. *Mesnager*. 1271
— Plaque mince indéfinie uniformément chargée, portée par des points régulièrement espacés; par M. *Mesnager*........................ 1773
— Essai magnétique des aciers à la traction. Limites élastiques; par M. *L. Fraichet*................. 1795
— Voir *Métallurgie.*
RESPIRATION. — Masque destiné à compléter, par des inhalations d'oxygène, les manœuvres de respiration artificielle; par MM. *René Legendre* et *Maurice Nicloux*....................... 335

S

SELF-INDUCTION. — Sur la mesure des coefficients de self-induction en haute fréquence; par M. *V. Ylöstalo*...................... 576
SÉRIES. — Sur une classe de polynomes et une extension des séries de

Pages.
Taylor et de Laurent; par M. *A. Angelesco*... 275
— Sur les séries de Taylor qui ont des lacunes; par M. *Mandelbrojt*... 728, 978
— *Erratum* relatif à la première de ces communications... 872
— Sur les séries de Taylor qui ont une infinité de coefficients nuls; par M. *Soula*... 877
— Sur la résolution de certaines équations de Fredholm au moyen d'une série entière; par M. *J. Haag*... 1371
— Sur les séries de Fourier généralisées des fonctions non intégrables; par M. *Charles N. Moore*... 1536
— Sur la sommabilité de Cesàro pour la série double de Fourier; par M. *Charles N. Moore*... 1691
— Voir *Mécanique céleste.*
SEXUALITÉ. — Sur la sexualité d'un Hydraire, *Clava squamata;* par M. *Boris Ephrussi*... 1766
— Voir *Gynandromorphisme, Infusoires, Reproduction.*
SISMOLOGIE. — Étude du séisme algérien, du 25 août 1922, d'après les observations microsismiques; par Mme *A. Hee*... 39
— Nouveaux aperçus de sismotectonique découlant des tremblements de terrer essentis d'août à décembre 1922 dans la partie orientale des Pyrénées; par M. *Octave Mengel*.. 111
— Sur le séisme du 12 octobrei 922 dans la Creuse et le Limousin et sur quelques séismes dans le nord-ouest du Massif Central; par M. *Ph. Glangeaud*... 638
— M. le *Ministre des Colonies* adresse des renseignements au sujet d'un tremblement de terre qui a eu lieu sur les côtes du Chili... 723
— Tremblement de terre du Kansou : Détermination de l'épicentre; par Mlle *Y. Dammann*... 960
SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE. — M. *Ch. Richet* est délégué à la célébration de son 75e anniversaire... 1114
SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE. — M. *A. Haller* est délégué à la manifestation solennelle qu'elle organise en juin 1923... 972
SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS. — M. *Laubeuf* est délégué à la célébration du 75e anniversaire de la Société des ingénieurs civils... 821
— M. *Kœnigs* lui est adjoint... 1200
SOLEIL. — Observations du Soleil faites à l'Observatoire de Lyon, pendant le troisième trimestre de 1922; par M. *J. Guillaume*... 79
— Voir *Astronomie physique, Radioactivité.*
SOLENNITÉS SCIENTIFIQUES. — M. *Laubeuf* est délégué à la célébration du 75 e anniversaire de la Sociét é des ingénieurs civils, les 4, 5 et 6 mai 1923... 821
— M. *Kœnigs* lui est adjoint... 1200
— M. *A. Haller* est délégué à la manifestation solennelle organisée par la Société d'encouragement pour l'Industrie nationale en juin 1923. 972
— M. *Émile Picard* est délégué aux fêtes du tricentenaire de Pascal qui seront célébrées, à Clermont-Ferrand, le 8 juillet 1923... 821
— MM. *Painlevé* et *d'Ocagne* lui sont adjoints... 1590
— MM. *Leclainche, E. Gouy* et *Ch. Depéret* sont délégués à l'inauguration du monument de *Saturnin Arloing* le 6 mai 1923... 972
— M. *Ch. Richet* est délégué à la célébration du 75e anniversaire de la Société de biologie... 1114
— MM. *P. Painlevé* et *de Chardonnet* sont délégués à l'inauguration de l'exposition que l'Aéro-Club de France organise pour fêter le centenaire du physicien Charles... 1115
— M. le *Secrétaire perpétuel*, de la part de M. *Ed. Imbeaux*, fait hommage d'une brochure publiée à l'occasion de l'inauguration du monument élevé à Dijon à la mémoire d'Henri Bazin... 1281
— MM. les *Membres du Bureau* et M. *Maurice d'Ocagne* sont délégués à la cérémonie religieuse du troisième centenaire de la naissance de Pascal... 1779
— M. *E.-L. Bouvier* est délégué aux fêtes du centenaire de Pasteur, à Dôle, Arbois, Lons-le-Saunier et Besançon, du 26 au 29 mai 1923... 1282
— M. *H. de Chardonnet* est délégué à la

Pages.

cérémonie qui aura lieu le 10 juin à Marnes-la Coquette à l'occasion du centenaire de Pasteur........ 1437
— M. *H. Le Chatelier* est délégué au Jubilé de M. Emanuele Paterno, le 6 juin 1923, à l'Institut chimique de l'Université de Rome......... 1437
— MM. *Émile Picard*, *Lecornu* et *Kœnigs* sont délégués à l'inauguration de la statue de *Marc Séguin*, à Annonay, le 10 juillet 1923..... 1864

SOURCES THERMALES. — Une nouvelle force industrielle : l'utilisation des calories fournies par les sources thermales; par M. *Jean Dybowsky*. 764
— Voir *Radioactivité*.

SPECTRES D'ABSORPTION. — Étude de l'absorption dans l'ultraviolet d'une série de dérivés du camphre; par MM. *A. Haller* et *R. Lucas*... 45
— Les spectres d'absorption ultraviolets des alcaloïdes du groupe de l'isoquinoléine. La narcotine, l'hydrastine et l'hydrocotarnine; par M. *Pierre Steiner*......... 244
— Spectres d'absorption ultraviolets de l'aniline et des toluidines; par M. *F.-W. Klingstedt*............. 248
— Sur le spectre K d'absorption de l'éléments 72; par MM. *M. de Broglie* et *J. Cabrera*.............. 433
— Spectres d'absorption ultraviolets des crésols; par M. *F.-W. Klingstedt*.. 674
— Sur les limites d'absorption K de quelques éléments; par M. *J. Cabrera*...................... 740
— Les spectres d'absorption ultraviolets du vératrol et de la vaniline; par M. *Pierre Steiner*.............. 744
— Loi de distribution des bandes dans le spectre d'absorption ultraviolet de la vapeur de toluène; par MM. *Victor Henri* et *E. Walter*.... 746
— Spectres d'absorption ultraviolets de l'acide benzoïque et des trois acides oxybenzoïques; par MM. *Armand Castille* et *F.-W. Klingstedt*....... 749
— Production de bandes étroites et de bandes larges dans le spectre d'absorption des corps en solution et à l'état de vapeur; par M. *Victor Henri*........................ 1142
— Spectre d'absorption ultraviolet de la vapeur de chlorure de benzène. Détermination de la structure de la molécule; par M. *Victor Henri*......................... 1298
— Les spectres d'absorption ultraviolets des alcaloïdes du groupe de l'isoquinoléine. La narcéine; par M. *Pierre Steiner*.............. 1379
— Spectre d'absorption ultraviolet du glyoxal; par M. *A. Luthy*........ 1547
— Spectre d'absorption ultraviolet du diacétyle; par M. *Guillaume C. Lardy*......................... 1548
— Spectre d'absorption ultraviolet de la paraquinone; par M. *F.-W. Klingstedt*......................... 1550
— Sur la discontinuité K d'absorption du krypton et du xénon; par MM. *M. de Broglie* et *A. Lepape*... 1611

SPECTRES D'ÉTINCELLES. — Sur la structure des spectres d'arc des éléments des colonnes VI et VII de la Table périodique (I); par M. *A. Catalan*........................ 84
— Sur la structure des spectres d'arc du molybdène, du sélénium et du chrome; par M. *A. Catalan*....... 247
— Sur les spectres d'arc des métaux, dans divers milieux et dans le vide; par M. *St. Procopiu*............ 385
— *Errata* relatifs à cette communication.......................... 792
— Sur l'aspect des raies de flamme, d'arc et d'étincelle dans les spectres d'arc des métaux, dans le vide; par M. *St. Procopiu*................ 504
— Spectres d'étincelle d'ordre supérieur; par MM. *Léon* et *Eugène Bloch*......................... 833
— Spectres d'induction et spectres d'étincelle; par M. *Louis Dunoyer*..................... 953, 1213
— Spectres d'étincelle d'ordre supérieur; par MM. *Léon* et *Eugène Bloch*......................... 1062
— *Erratum* relatif à cette communication.......................... 1268

SPECTROSCOPIE. — Observations sur la structure du spectre du chrome; par M. *A. de Gramont*.......... 216
— Sur le spectre de haute fréquence du celtium; par M. *A. Dauvillier*..... 676
— Étude spectrale de la triboluminescence de quelques corps; par M. *Henri Longchambon*......... 691

Pages.
— Séries spectrales et potentiels d'ionisation et de résonance du chrome et du molybdène; par M. *M.-A. Catalan* 1063
— Sur l'existence de nouvelles lignes, dont un doublet de Sommerfeld, exclues par le principe de sélection, dans la série L des éléments lourds; par MM. *Pierre Auger* et *A. Dauvillier* 1297
— Recherches spectrographiques de haute fréquence dans le groupe des terres rares; par M. *A. Dauvillier* 1381
— Supports colloïdaux pour l'obtention de spectres d'émission de solutions; par M. *Jacques Errera* 1874
— Sur la masse des particules qui émettent le spectre secondaire de l'hydrogène; par M. *Duffieux* 1876
— Voir *Analyse spectrale, Astronomie physique, Aurore boréale, Celtium, Électrooptique, Krypton, Rayons X, Spectres d'absorption, Spectres d'étincelles.*
Spéléologie — Voir *Biospéléologie.*
Spermatogenèse. — Sur la spermatogénese du *Balanus perforatus;* par M. *Boris Ephrussi* 141
Stratigraphie. — Observations stratigraphiques sur l'Oxfordien et le Lusitanien en certains points de la chaîne Celtibérique (Espagne); par M. *Henry Joly* 518
— Sur la constitution du Jurassique à Torrelapaja et Bordejo (chaîne Celtibérique, provinces de Saragosse et de Soria, Espagne); par M. *Henry Joly* 700
— Sur quelques particularités du Bajocien des environs de Montmédy (Meuse); par M. *Henry Joly* 845
Statique. — Voir *Résistance des Matériaux.*
Statique appliquée. — Solution précise au moyen de modèles en papier des problèmes statiquement indéterminés; par M. *G.-E. Beggs* 885
Stéréoradioscopie. — Sur la stéréoradioscopie; par M. *M.-S. Lambert* .. 1384
Stéréoscopie. — Voir *Topographie.*
Substitutions. — Sur les substitutions rationnelles à deux variables; par M. *Gaston Julia* 58
Sucre. — Sur un nouveau sucre, le procellose, obtenu à partir de la cellulose; par M. *Gabriel Bertrand* et Mlle *S. Benoist* 1583
Synthèse chimique. — Sur une synthèse nouvelle du cumène et du para-cymène; par M. *L. Bert* 840
— Synthèses au moyen de dérivés organozinciques mixtes α-dicétones; par M. *E.-E. Blaise* 1148
— Voir *Oxydation.*

T

Tectonique. — Sur le prolongement, entre Belfort et Thann, des accidents tectoniques de la bordure secondaire située au sud du massif vosgien; par Mlle *Germaine Cousin.* 173
— Extension des « duplicatures provençales » sous la nappe du Cheiron (Alpes-Maritimes), à l'ouest de la vallée du Var; par MM. *Léon Bertrand* et *Antonin Lanquine* 399
— Les grandes nappes provençales de l'Audibergue et du Cheiron (Alpes-Maritimes); par MM. *Léon Bertrand* et *Antonin Lanquine* 521
— La structure actuelle des Vosges primaires. Applications à l'ensemble des Vosges d'observations faites surtout au nord de la vallée de Villé; par M. *E. Schnæbelé* 523
— Essai de coordination et origine des unités structurales pyrénéo-provençales dans le sud-ouest des Alpes Maritimes; par MM. *Léon Bertrand* et *Antonin Lanquine* 696
— Rapports tectoniques des gneiss et du terrain houiller dans le Morvan septentrional; par M. *Pierre Bonnet.* 699
— Sur la tectonique du pays des Mogods, du plateau des Hédil et du Bejaoua septentrional (Tunisie septentrionale); par M. *Solignac* 758
— Sur la tectonique de la plaine de

Pages.

Mateur et de ses abords (Tunisie); par M. *Solignac*........... 909
— Sur l'origine tectonique des vallées du versant Est des Vosges; par M. *E. Schnæbelé*.................... 1076
— Les nappes provençales à l'Est de la vallée inférieure du Var; par M. *Léon Bertrand*.............. 1166
— La nappe du Labourd, pays basque français; par M. *Pierre Viennot*... 1234
— Du rôle des avant-plis provençaux dans la tectonique des Alpes-Maritimes; par M. *Léon Bertrand*...... 1336
— Sur certains caractères du plissement hercynien dans la région Servoz-Les Houches (vallée de l'Arve); par MM. *Paul Corbin* et *Nicolas Oulianoff*.......................... 1561
— Des plissements propres aux schistes cristallins de l'Ahaggar; des Saharides; par M. *Conrad Kilian*...... 1563
— Des plissements de « l'enceinte tassilienne » du Massif central saharien de l'Ahaggar; par M. *Conrad Kilian*...................... 1722
— Sur le rôle des glissements superficiels dans les formes du terrain du Morvan; par M. *A. Boit*............ 1724
— Sur la continuité de la série charriée des Corbières orientales entre la Berre et Narbonne; par M. *L. Barrabé*...................... 1902
— Voir *Paléontologie animale*, *Sismologie*.

Thallium. — Sur les alcoolates thalleux; par M. *R. de Forcrand*...... 20

Thérapeutique. — Sur les conditions expérimentales d'action de l'huile de foie de morue. Son pouvoir ostéodystrophique en présence d'un régime déficient; par MM. *Georges Mouriquand* et *Paul Michel*...... 338
— Voir *Microbiologie*, *Pharmacologie*, *Radioactivité*.

Thermochimie. — Sur la chaleur d'oxydation des métaux alcalinoterreux; par MM. *A. Guntz* et *Benoit*........................ 219
— Chaleur d'oxydation du glucinium; par MM. *H. Copaux* et *Ch. Philips*....................... 579
— Principe d'une méthode générale pour déterminer la capacité calorifique des solides et des liquides. Application à la détermination de la valeur en eau des bombes calorimétriques; par MM. *Charles Moureu*, *Charles Dufraisse* et *Ph. Landrieu*...................... 1513

Thermodynamique. — Sur une nouvelle amélioration de l'équation d'état des gaz; par M. *A. Leduc*... 830
— Sur une nouvelle équation d'état des gaz; par M. *A. Leduc*........... 1132
— La boucle de J. Thomson et la nouvelle équation d'état des gaz; par M. *A. Leduc*.................. 1456

Thermo-électricité. — Sur le pouvoir thermo-électrique des alliages; par M. *H. Pélabon*................. 1305

Thorium. — Influence du thorium X sur la catalase du foie; par MM. *Alfred Maubert*, *Léon Jaloustre* et *Pierre Lemay*................. 1502

Topographie. — Sur un procédé, considéré comme nouveau, de représentation stéréoscopique des surfaces topographiques; par M. *Henry Hubert*.............. 827

Toxicologie. — Rapports entre la résistance de l'organisme aux poisons et la modification rapide du réflexe oculo-cardiaque (contribution à l'antianaphylaxie); par MM. *L. Garrelon* et *D. Santenoise*. 861
— Sur la toxicité des autolysats et des extraits tissulaires; par M. *Auguste Lumière*................. 1415
— Sur la toxicité du cuivre à l'égard des moisissures; par M. *Raphaël Dubois*.......................... 1498
— Sur la toxicité d'un polymère de l'acide cyanhydrique; par M. *Ch. Bedel*........................ 1927
— Voir *Hygiène professionnelle*, *Microbiologie*, *Pharmacologie*.

Transformations. — Sur les courbes de Bertrand et sur les tranformations involutives permutables; par M. *Bertrand Gambier*........... 27
— Sur quelques transformations d'équations aux dérivées partielles; par M. *P. Zervos*.................. 1444
— Un théorème sur la transformation conforme dans la géométrie différentielle à *n* dimensions; par MM. *Schouten* et *Struik*.......... 1597

Transformisme. — Les rameaux phylé-

Pages.

tiques des Éléphants; par MM. *C. Depéret* et *L. Mayet*............ 1278
TUBERCULOSE. — Rôle du facteur «terrain» dans l'évolution de la tuberculose expérimentale chez le lapin et chez le cobaye; par MM. *A. Calmette, A. Boquet* et *L. Nègre*...... 1197

U

URÉES. — Nouvelle préparation des urées tétrasubstituées; par M. *A. Mailhe*..... 903

V

VACCINS. — Sur la vaccination contre le charbon symptomatique par les toxines; par MM. *E. Leclainche* et *H. Vallée*...................... 207
VAPORISATION. — Voir *Calorimétrie*.
VISCOSITÉ. — Viscosité, neutralisation et isomorphisme; par M. *L.-J. Simon*........................ 437
— Sur les mouvements plans des liquides doués de viscosité; par M. *U. Cisotti*.................. 733
VITAMINES. — De l'utilisation par l'organisme des vitamines C introduites par voie parentérale; par MM. *Ed. Lesné* et *M. Vaglianos*.......... 614
— Production du scorbut chez le cobaye et le lapin jeune au moyen d'un nouveau régime, complet et biochimiquement équilibré, uniquement dépourvu de facteur C; par M. *Lopez-Lomba* et Mme *Randoin*...... 1003
— Passage dans le lait des vitamines C introduites par voie parentérale; par MM. *E. Lesné, Christou* et *Vaglianos*..................... 1006
— Contribution à l'étude de l'avitaminose B chez le pigeon; par M. *J. Lopez-Lomba* et Mme *Randouin*... 1249
— Modifications pondérales des organes chez le pigeon au cours de l'avitaminose B; par M. *J. Lopez-Lomba*. 1417
— Étude du scorbut produit par un régime complet et biochimiquement équilibré, uniquement dépourvu de facteur C; par M. *J. Lopez-Lomba* et Mme *Randoin*.... 1573
— Modifications pondérales des organes chez le cobaye au cours de l'avitaminose C; par M. *J. Lopez-Lomba*. 1752
VITICULTURE. — Voir *Chimie organique*.
VOL A VOILE. — Sur l'emploi possible du microphone pour faciliter le vol à voile; par M. *Lafay*......... 887
— Voir *Météorologie*.
VOL NATUREL. — Les muscles du vol chez les mutants alaires des Drosophiles (*Drosophila melanogaster* Meig.); par MM. *L. Cuénot* et *L. Mercier*...................... 1112
— Le vol à voile des oiseaux (vols sans moteur dans les vents ondulants); par M. *Albert Bazin*............ 1453
VULCANOLOGIE. — Voir *Minéralogie*.

Z

ZOOGÉOGRAPHIE. — Sur la faune de pénétration des rivières du Sud-Tunisien; par M. *L.-G. Seurat*.... 414
— Nouvelle contribution à la faune ichthyologique des eaux douces du Maroc; par M. *Jacques Pellegrin*.. 787
— Esquisse du peuplement de l'Europe par les espèces du genre *Choleva* Latr.; par M. *René Jeannel*....... 1242
— Sur les particularités du bassin du Rhône quant à sa faune ichthyologique; par M. *Louis Roule*...... 1350
— Origine de la faune entomologique des Carpathes et des monts de

Pages.

Bihor; par M. *René Jeannel*...... 1505
— Le peuplement en araignées de la Nouvelle-Calédonie; par M. *L. Berland*...................... 1668
— Voir *Biospéléologie, Océanographie.*
Zoologie. — Caractères à rechercher pour le classement des Gastéropodes de la famille des Cypræidés; par M. *A. Vayssière*............ 1435
— Voir *Biologie animale, Conchyliologie.*

TABLE DES AUTEURS.

A

MM. Pages.
ABRAHAM (Henri). — Est présenté en troisième ligne pour la succession de M. *E. Bouty* 1680
— Obtient un suffrage 1686
ABRAMESCO (N.). — Sur l'autogénération des courbes 651
ACADÉMIE DES SCIENCES DE LISBONNE. — M. le *Secrétaire perpétuel* donne lecture d'une dépêche de cette Académie exprimant sa sympathie confraternelle pour le centenaire de Pasteur 26
ACHARD (Mlle G.). — Voir *Vlès (Fred)*, Mlle *G. Achard* et M. *Dj. Prikelmaier.*
AGASSE-LAFONT (E.). — Voir *Heim (F.)*, *E. Agasse-Lafont* et *A. Feil.*
AITKEN (John). — Collected scientific papers of John Aitken, par M. *Cargill G. Knott* (imp.) 877
ÅLANDER (Martin). — Sur les fonctions entières qui ont tous leurs zéros sur une droite 158
ALBERT Ier (S.A. S.), prince souverain de MONACO. — Son remplacement parmi les associés étrangers 821
ALLEMAND-MARTIN (A.). — Le Pliocène de la péninsule du Cap Bon (Tunisie) 1173
ALLIAUME (M.). — La résolution nomographique des systèmes d'équations 232
— Application de la nomographie aux calculs d'étalonnage des instruments de mesure (imp.) 724
ALOY et VALDIGUIÉ. — Oxydations et réductions provoquées par les sels d'urane sous l'influence de la lumière. Action antioxygène des phénols 1229
AMALDI (Ugo). — M. *Tullio Levi-Civita* fait hommage de ses « Leçons de Mécanique rationnelle » (Volume I) rédigées en collaboration avec lui 641
AMAR (Jules). — La loi du minimum en biologie 466
— La loi de viviréaction en biologie et en pathologie 921, 1021
— Organisation du travail à la pelle 1923
ANDANT (A.). — Application de la photographie à l'étude de l'opalescence critique 430
ANDOYER (Henri) présente le tome I de son « Cours de Mécanique céleste » 551
— Fait partie de la commission des prix d'astronomie 643
ANDRADE (Jules). — L'isochronisme et le frottement quadratique 473
— Assemblage de quatre ressorts réglants, produisant un frottement constant et un frottement quadratique 811
ANDRÉ (Émile). — Sur la séparation de l'oléate et du linoléate de méthyle par distillation fractionnée 686
— Sur les acides-alcools contenus dans une huile de pépins de raisin 843
ANGELESCO (A.). — Sur une classe de polynomes et une extension des séries de Taylor et de Laurent 275
— Sur certains polynomes biorthogonaux 1531
ANGHELUTZA (Th.). — Sur la représentation des fonctions d'une variable réelle 55
ANTHONY (R.) et F. VILLEMIN — La lobation du rein fœtal chez le

MM. Pages.
Primates... 1245
APPELL (Paul). — Remarque sur une note de M. G. V. Pfeiffer... 64
— Fait partie de la commission des prix de mathématiques... 642
— id. des prix de mécanique... 642
— id. des prix d'astronomie... 643
— id. du prix Binoux d'histoire et philosophie des sciences... 644
— id. du prix Montyon de statistique... 644
— id. des prix Gustave Roux, Thorlet, des fondations Lannelongue, Trémont Gegner, Hirn, Henri Becquerel... 644
— id. du prix Estrade-Delcros... 645
— id. du prix Petit d'Ormoy des sciences mathématiques... 645
— id. du prix Saintour... 645
— id. du prix Henri de Parville (ouvrages de sciences)... 645
— Est désigné pour faire partie du Conseil de l'Office national des recherches scientifiques et industrielles et des inventions... 723
ARAGO (Félix). — Est présenté en seconde ligne pour la succession de M. *Louis Favé*... 542
ARGAUD (R.). — Rôle sclérogène des cellules géantes... 1579
ARIÈS (E.). — Sa mort est annoncée à l'Académie... 545
— Son remplacement... 1525
ARLOING (Saturnin). — MM. *Leclainche*, *E. Gouy* et *Ch. Depéret* sont délégués à l'inauguration de son monument le 6 mai 1923... 972
ARMSTRONG (Henry-E.). — L'origine des effets osmotiques. Transformations hydronodynamiques dans les solutions aqueuses... 1892
ARSONVAL (Arsène d'). — Fait partie de la commission des prix d'anatomie et zoologie... 643
— id. des prix de médecine et chirurgie. 644
— id. des prix de physiologie... 644
— id. du fonds Charles Bouchard... 644
— id. du grand prix des sciences physiques... 644

MM. Pages
— id. du prix Lallemand... 644
— id. du prix Serres... 644
ASSOCIATION INTERNATIONALE DE THALASSOTHÉRAPIE. — L'Académie est invitée à se faire représenter au IIe Congrès de cette Association qui aura lieu à Venise les 9, 10, 11, 12 avril 1923... 877
ASTON (F. W.). — Les Isotopes (imp.). 1281
ATHANASIU (G.). — Sur la sensibilité des plaques photographiques aux sels de mercure... 1389
ATHANASIU (J.). — Les vibrations nerveuses motrices dans la série animale... 1651
AUBEL (E.). — Sur le métabolisme microbien de l'acide lactique et de l'acide pyruvique... 332
— Voir *Simon (L.-J.)* et *E. Aubel.*
AUBERT (M.) et G. DIXMIER. — Stabilité des mélanges alcool-essence en présence de l'eau... 1307
AUBERTOT (Maurice). — Sur la dissémination et le transport de Nématodes du genre *Rhabditis* par les Diptères... 1257
AUDUBERT (René). — Action de la gélatine sur les piles de concentration... 838
AUGER (Pierre) et A. DAUVILLIER. — Sur l'existence de nouvelles lignes, dont un doublet de Sommerfeld, exclues par le principe de sélection, dans la série L des éléments lourds... 1297
AURIC. — Démonstration de la loi de Stefan... 1455
AUSTEN (E.-E.) et Émile HEGH. — Tsetse-flies (imp.)... 157
AVERSENQ (J.-P.), L. JALOUSTRE et E. MAURIN. — Sur quelques actions du thorium X sur les diastases et les microbes... 193
AZAMBUJA (L. d'). — Mesures nouvelles de la vitesse de rotation des filaments. Évaluation de la hauteur de ces objets au-dessus de la chromosphère solaire... 950

B

BACHELIER (Louis). — Le problème général de la statistique discontinue... 1693
BAILLAUD (Benjamin). — Fait partie

MM. Pages.

de la commission des prix d'astronomie... 643
— id. du prix Estrade-Delcros... 645
— id. du prix Saintour... 645
BAILLAUD (JULES) adresse un rapport sur l'emploi de la subvention qui lui a été accordée sur la fondation Loutreuil en 1921... 646
BALDET (F.). — Contribution à l'étude des parasites atmosphériques... 912
BALDIT (ALBERT). — Sur les mouvements ondulatoires de l'atmosphère et leur utilisation par l'aviation sans moteur... 120
BALLAND (ANTOINE) fait hommage de son fascicule : « Les aliments de France et des colonies »... 223
— Fait hommage d'un portrait à la pointe sèche, d'Hippolyte Larrey, par *G. Isabey*... 723
BALLAY (MARCEL). — Voir *Guillet (Léon)* et *Marcel Ballay*.
BARBARIN (PAUL) fait don des lettres de M. Houel au général de Tilly, relatives à la géométrie non euclidienne... 1036
BARBAUDY (JEAN). — Sur l'entraînement du toluène à la vapeur... 1616
BARBILLON (LOUIS). — Obtient des suffrages au scrutin pour l'élection d'un correspondant pour la section de mécanique... 1525
BARDET (JACQUES). — Sur le spectre d'arc du celtium... 1711
BARENTON (HILAIRE DE). — Une nouvelle interprétation de la période sothiaque... 944
BARON (CHARLES) et ALBERT VERLEY. — Contribution à l'étude du carburant national... 452
BARRABÉ (L.). — Sur l'origine charriée du massif liasique situé à l'ouest de Narbonne... 1169
— Sur la continuité de la série charriée des Corbières orientales entre la Berre et Narbonne... 1902
BARRÉ (E.). — Exposé général du principe de relativité et des théories d'Einstein (imp.)... 1686
BARRIER (A.). — La conservation par le froid des denrées périssables, par M. *A. Monvoisin* (imp.)... 1525
BARROIS (CHARLES). — Fait partie de la commission des prix de minéralogie et géologie... 643
BARROIS (JULES). — Sur le développement des Échinodermes... 1093
BARTHÉLÉMY (H.). — Voir *Terroine (Emile-F.)* et *H. Barthélémy*.
BARTHOUX (J.). — Observations relatives à la genèse de certains gisements manganésifères... 1818
BASSET (RAOUL) demande l'ouverture d'un pli cacheté... 224
— Rapport de M. *Paul Janet* sur ce pli... 429
BATHELLIER (JEAN). — Sur les jardins à champignons de l'*Eutermes Matangensis* Haviland... 129
BATTANDIER (JULES-AIMÉ). — Son remplacement... 1590
BAUDOUIN (MARCEL). — La radiographie appliquée à l'étude des lésions osseuses humaines préhistoriques... 782
BAUER (E.) et A. DANJON. — L'absorption atmosphérique au mont Blanc... 761
BAZIN (ALBERT). — Le vol à voile des oiseaux (vols sans moteur dans les vents ondulants)... 1453
BAZIN (HENRY). — Une brochure publiée à l'occasion de l'inauguration de son monument est offerte à l'Académie... 1281
BAZY (PIERRE). — Fait partie de la commission du fonds Charles Bouchard... 644
— id. des prix de médecine et chirurgie. 644
BEAUVERIE (J.). — Sur les rapports existant entre le développement des rouilles du blé et le climat... 529
— Influence de la hauteur d'eau météorique pendant la « période critique » du blé sur le rendement... 707
BECQUEREL (PAUL). — Observations sur la nécrobiose du protoplasme végétal avec l'aide d'un nouveau réactif vital... 601
BEDEL (CH.). — Sur un polymère de l'acide cyanhydrique... 168
— Sur la toxicité d'un polymère de l'acide cyanhydrique... 1927
BEGGS (G.-E.). — Solution précise au moyen de modèles en papier des problèmes statiquement indéterminés... 885
BÉGHIN (HENRI) et PAUL MONFRAIX. — Sur un nouveau com-

MM. Pages.
pas gyrostatique.............. 672
BÉHAL (Auguste). — Fait partie de la commission des prix de chimie.... 643
BÉLAÉVSKY (Wladimir de). — Sur un problème d'élasticité à deux dimensions.................... 1047
— Observations relatives à cette communication; par M. *Mesnager*.... 1050
BELOT (Émile). — L'évolution collective et discontinue des étoiles et des nébuleuses................ 567
BELVAL (H.). — Voir *Colin* (*H.*) et *H. Belval.*
BENARD (Henri) et Albert LABORDE. — Sur le dosage de l'albumine par les procédés dits « néphélémétriques »............ 98
BÉNÉVENT. — Le mistral sur la côte de Nice...................... 703
BENOIST (Mlle S.). — Voir *Bertrand* (*Gabriel*) et Mlle *S. Benoist.*
BENOÎT. — Voir *Guntz* (*A.*) et *Benoît.*
BENOÎT (Ch.). — La contention des bovins (imp.)................. 1037
BENOIT (P.). — L'ovogenèse et la segmentation de *Myriothela Coksi* (*Vigurs*)...................... 1836
BÉRÉHARE (E.). — Voir *Marcotte* (*Ed.*) et *E. Béréhare.*
BERGER (Louis). — Voir *Masson* (*P.*) et *Louis Berger.*
BERLAND (L.). — Le peuplement en araignées de la Nouvelle-Calédonie 1668
BERNARD (H.). — Voir *Pastureau* et *H. Bernard.*
BERNSTEIN (Serge). — Sur une propriété des fonctions entières...... 1603
— Sur les propriétés extrémales des polynomes et des fonctions entières sur l'axe réel.................. 1782
BERT (L.). — Sur une synthèse nouvelle du cumène et du para-cymène. 840
BERTHELOT (Albert). — Recherches sur l'acide pyruvique considéré comme facteur d'anaérobiose..... 1929
BERTHELOT (Daniel) présente à l'Académie le compte rendu des travaux de la Conférence internationale des grandes lignes de transport d'énergie électrique à très haute tension................. 53
— Fait partie de la commission des prix de physique.................. 643
— id. du prix Binoux d'histoire et philosophie des sciences............ 644
BERTIN (Émile), Président sortant, fait connaître à l'Académie l'état où se trouve l'impression des recueils qu'elle publie et les changements survenus parmi les membres et les correspondants pendant le cours de l'année 1922.. 15
— Fait partie de la commission des prix de mécanique.............. 642
— id. de géographie................. 643
— id. de navigation................. 643
— Fait hommage d'une brochure intitulée « Histoire du Netské »....... 971
BERTRAND (Gabriel). — Est présenté en première ligne pour la succession de M. *Georges Lemoine*. 618
— Est élu.......................... 642
— Son élection est approuvée......... 721
— Fait partie de la commission des prix de chimie...................... 643
BERTRAND (Gabriel) et Mlle S. BENOIST. — Sur un nouveau sucre, le procellose, obtenu à partir de la cellulose........... 1583
BERTRAND (Gaston). — Le problème de Dirichlet et le potentiel de simple couche................. 1040
BERTRAND (Léon). — Les nappes provençales à l'Est de la vallée inférieure du Var.............. 1166
— Du rôle des avant-plis provençaux dans la tectonique des Alpes-Maritimes.......................... 1336
BERTRAND (Léon) et Antonin LANQUINE. — Extention des « duplicatures provençales » sous la nappe du Cheiron (Alpes Maritimes), à l'ouest de la vallée du Var. 399
— Les grandes nappes provençales de l'Audibergue et du Cheiron (Alpes-Maritimes).................... 521
— Essai de coordination et origine des unités structurales pyrénéo-provençales dans le sud-ouest des Alpes-Maritimes............... 696
BESSON (Louis). — Sur la perte de lumière à Paris et dans les environs. 180
— Observation d'un paranthélie dit de 90°....................... 1079
BÉTANCES (L.-M.). — Sur le vieillissement de la cellule hématique.... 265
— Sur la différenciation spécifique de la cellule hématique chez les méta-

MM. Pages.
zoaires........................ 924
— La cytohématogenèse chez les métazoaires........................ 1252
BEYNE (J.). — Sur l'origine des accidents provoqués chez l'homme par les fortes dépressions atmosphériques et sur la protection de l'aviateur contre les troubles d'ordre anoxhémique........... 1920
BEYTOUT (G.). — Voir *Douris (R.)* et *G. Beytout.*
BIANCHI (Luigi). — Sur une propriété cinématique des surfaces W...... 721
BIERRY (H.). — Voir *Desgrez (A.)*, *H. Bierry* et *F. Rathery.*
BIGOT (A.). — Action de la chaleur sur les kaolins, les argiles, etc........ 91
— Action de la chaleur sur les kaolins, les argiles, etc. Les poteries noires. 510
— Kaolins, argiles, etc. Plasticité colloïdale........................... 1470
BIGOT (Alexandre) et Mme E. JÉRÉMINE. — Observations nouvelles sur la géologie de la Hague (Manche)...................... 221
BIGOURDAN (Guillaume). — Rappelle les principaux travaux de *Hendricus Gerardus van de Sande Bakhuyzen*..................... 201
— Sur les coordonnées des Observatoires ou Cabinets de la Muette et de Passy..................... 202
— Le Cabinet du Roi et les découvertes oubliées de Rochon............ 341
— Est élu membre de la commission chargée de présenter une liste de candidats à la place d'associé étranger vacante par le décès de M. *Schwendener*............... 358
— Est délégué à la commission des bibliothèques et archives de l'Institut.......................... 358
— Fait hommage à l'Académie du rapport annuel sur les travaux effectués par le Bureau international de l'Heure (B. I. H.) en 1922........ 482
— Fait partie de la commission des prix d'astronomie.................. 643
— id. du prix Binoux d'histoire et philosophie des sciences............ 644
— id. des médailles Arago, Lavoisier et Berthelot..................... 644
— id. des prix Gustave Roux, Thorlet, des fondations Lannelongue, Trémont, Gégner, Hirn, Henri Becquerel.......................... 644
— id. du prix Henry Wilde........... 645
— id. du prix Henri de Parville (ouvrages de sciences).............. 645
— id. du prix Saintour............... 645
— id. du prix Petit d'Ormoy des sciences mathématiques................. 645
— Est désigné pour faire partie du Conseil de l'Office national des recherches scientifiques et industrielles et des inventions......... 723
— Sur la propagation des ondes hertziennes à grande distance : ordre de grandeur des perturbations, en temps, de la propagation......... 1099
— Est désigné à la cérémonie religieuse du tricentenaire de la naissance de Pascal...................... 1779
BLAISE (Émile). — Est présenté en seconde ligne pour la succession de M. *Georges Lemoine*............. 618
— Obtient des suffrages.............. 642
— Synthèses au moyen de dérivés organozinciques mixtes α-dicétones... 1148
BLANCHARD (Raoul). — Sur les terrasses d'obturation glaciaire...... 457
BLANCHET (Adrien) fait hommage d'une brochure intitulée : « Contribution à l'histoire de l'anatomie».. 551
BLANCHET (F.). — Voir *Kilian (W.)* et *F. Blanchet.*
BLANCHETIÈRE (A.). — Action de la chaleur sèche sur les sels alcalino-terreux des acides carbaminés. 1629
BLARINGHEM (Louis) — Nouveaux faits relatifs aux hybrides de blés et d'*Ægilops*.................. 852
— Est présenté en troisième ligne pour la succession de M. *Gaston Bonnier*.......................... 1267
— Obtient des suffrages.............. 1281
— Sur l'hérédité en mosaïque de la duplicature des fleurs de *Cardamine pratensis* var................... 1734
BLOCH (Léon et Eugène). — Spectres d'étincelle d'ordre supérieur... 833, 1062
— *Erratum* relatif à la première de ces communication.................. 1268
BLONDEAU (J.). — Voir *Ramart (Mme Pauline)* et M. *J. Blondeau.*
BLONDEL (André). — Détermination, en fonction des conditions initiales, des oscillations libres des alterna-

MM. Pages.
teurs fonctionnant en parallèle et entraînés individuellement par des moteurs à régulation théorique instantanée et bloquée aussitôt. Application aux moteurs synchrones 211
— Demande l'ouverture de plis cachetés.................. 224, 430, 553
— Influence des régulateurs de vitesse asservis des turbo-alternateurs sur les oscillations des groupes accouplés électriquement. Cas du réglage indirect.................. 350
— Sur le calcul des oscillations forcées d'un groupe électrogène (ou d'un appareil analogue) tournant à une vitesse moyenne constante, mais soumis à des variations périodiques du couple moteur en même temps qu'à un effort résistant élastique variable avec l'angle d'écart........................ 545
— Calcul élémentaire des couples d'amortissement des alternateurs régime forcé dans la théorie des deux réactions quand on néglige les résistances de l'armature...... 629
BLOT (P.). — Voir *Reboul* (*G.*) et *P. Blot.*
BLUM (Mlle LUCIENNE). — Modification des végétaux soumis à la culture en serre.................. 1085
BOGITCH (B.). — Sur la désulfuration des métaux par la chaux......... 103
BOHLIN (CHARLES). — Sur les séries autologues appartenant aux problèmes de deux et trois corps..... 495
BOHR (NIELS). — Les spectres et la structure de l'atome (imp.)....... 1441
BOISCHOT (P.). — Voir *Demolon* (*A.*) et *P. Boischot.*
BOIT (A.). — Sur le rôle des glissements superficiels dans les formes du terrain du Morvan.............. 1724
BONAPARTE (le prince ROLAND). — Fait partie de la commission des prix d'anatomie et zoologie...... 643
— id. des prix de botanique.......... 643
— id. des prix de géographie......... 643
— id. du prix Montyon de statistique... 644
BONNET (PIERRE). — Sur l'existence du Silurien supérieur et du Dévonien inférieur en Transcaucasie méridionale.................... 319

MM. Pages.
— Sur l'existence de calcaires à Fusulines ouraliens en Transcaucasie méridionale.................. 456
— Rapports tectoniques des gneiss et du terrain houiller dans le Morvan septentrional.................. 699
— Sur l'existence du Coniacien dans le massif du Daralagœz (Transcaucasie méridionale).............. 1339
— Sur le Néocrétacé du Daralagœz (Transcaucasie méridionale)...... 1633
BONNIER (GASTON). — Sa mort est annoncée à l'Académie.......... 19
— Son remplacement................ 1281
BOQUET (A.). — Voir *Calmette* (*A.*), *A. Boquet* et *L. Nègre.*
BORDAS (F.) et F. TOUPLAIN. — La dénaturation de l'alcool éthylique. 905
— Caractères spécifiques des huiles lourdes de créosote de hêtre...... 1328
BORDET (JULES). — Obtient des suffrages au scrutin pour l'élection d'un associé étranger............ 483
— Est élu associé étranger, en remplacement de M. *Ciamician*, décédé.. 723
— Adresse des remercîments à l'Académie........................ 821
— Son élection est approuvée......... 873
BORDIER (H.). — Influence de la d'Arsonvalisation diathermique sur les glandes endocrines. Application au traitement de la maladie de Basedow........................ 790
BOREL (ÉMILE). — Remarques sur une note de M. Torsten Carleman..... 66
— Fait partie de la commission des prix de mathématiques.............. 642
— id. du prix Montyon de statistique.. 644
— id. du prix Petit d'Ormoy des sciences mathématiques......... 645
— id. du prix Estrade-Delcros........ 645
— id. du prix Saintour............. 645
— id. du prix Henry Wilde........... 645
— Sur l'approximation les uns par les autres de nombres rationnels ou incommensurables appartenant à des ensembles énumérables donnés. 794
BOSLER (JEAN). — Est porté en première ligne sur la liste des candidats au poste de directeur de l'Observatoire de Marseille....... 1779
BOUCHET (L.). — Application de l'électromètre plan-cylindre à la détermination des pouvoirs induc-

MM. Pages.
teurs des corps solides........... 377
BOUDOUARD (O.). — Paul Schützenberger et l'isotopie (imp.)........ 55
BOULENGER (G.-A.). — Voyage zoologique d'Henri Gadeau de Kerville en Syrie. Tome IV : batraciens et reptiles (imp.)........... 1591
BOULIGAND (Georges). — Sur quelques points d'analyse fonctionnelle....................... 822
— Sur les singularités des fonctions harmoniques.......... 1037. 1200, 1366
BOURCART — Assiste à une séance de l'Académie.................. 1513
BOURGEOIS (Robert). — Fait partie de la commission des prix de géographie........................ 643
— id. de navigation................. 643
BOURGUEL (M.). — Sur la préparation des carbures acétyléniques vrais...................... 751
BOURGUIGNON (Georges) et Henri LAUGIER. — Variations de l'excitabilité neuro-musculaire sous l'influence de la suppression et du rétablissement de la circulation d'un membre chez l'homme...... 195
— *Erratum* relatif à cette communication........................... 424
BOURION (F.). — Les acides normaux de Berthelot et la théorie des ions. 95
BOURION (F.) et E. ROUYER. — Sur la détermination des sels doubles en dissolution par voie ébullioscopique.................. 1708
BOUSSINESQ (Joseph). — Fait partie de la commission des prix de mathématiques...................... 642
— id. des prix de mécanique......... 642
— id. des prix d'astronomie.......... 643
— id. des prix de navigation......... 643
— id. des prix de physique........... 643
— id. du prix Binoux d'histoire et philosophie des sciences............ 644
— id. du prix Saintour.............. 645
— id. du prix Petit d'Ormoy des sciences mathématiques................ 645
BOUSSU (Roger-G.). — Procédé pour servir à l'étude de la vitesse de formation des précipités......... 93
BOUTARIC (A.). — La vie des atomes (imp.)........................ 157
BOUTARIC (A.) et Mlle Y. NABOT. — Influence, sur la miscibilité du phénol et de l'eau, d'une troisième substance...................... 1618
BOUTY (Edmond). — Son remplacement......................... 1686
BOUVIER (Louis-E.). — Est délégué à la commission des bibliothèques et archives de l'Institut.......... 358
— Fait partie de la commission des prix d'anatomie et zoologie....... 643
— id. des prix de botanique.......... 643
— id. du prix Serres................. 644
— id. du prix Lallemand............. 644
— id. du prix Binoux d'histoire et philosophie des sciences............ 644
— id. chargée de proposer une question pour le prix Bordin à décerner en 1925....................... 645
— id. du prix Petit d'Ormoy des sciences naturelles.............. 645
— Est délégué aux fêtes du centenaire de *Pasteur*, à Dôle; Arbois, Lons-le-Saunier et Besançon.......... 1282
BOUZAT. — Sur une classe d'hydrates peu stables appelés hydrates de gaz......................... 253
BOYVE (de). — Voir *Ollone (d'), de Fleurelle, Lepage, de Boyve.*
BRANLY (Édouard) présente un opuscule qu'il vient de publier sous le titre : « Télégraphie sans fil ».... 53
— Fait partie de la commission des prix de physique.................... 643
— id. des prix de médecine et chirurgie. 644
— id. du fonds Charles Bouchard...... 644
— Est désigné pour faire partie du Conseil de l'Office national des recherches scientifiques et industrielles et des inventions......... 723
BRATU (G.). — Sur les courbes définies par des suites récurrentes........ 70
BRAY (H. E.). — Voir *Evans (G. C.)* et *H. E. Bray.*
BRAZIER (C.-E.). — Mesures magnétiques en Normandie............ 958
— L'agitation magnétique au Parc Saint-Maur et au Val-Joyeux et ses relations avec l'activité solaire. 1821
BREGUET (Abraham-Louis). — Abraham-Louis Breguet (imp.), par M. *Paul Marmottan*............. 972
BRÉMOND (Pierre). — Sur la persistance de la couleur des ions dans les couleurs ou colorants céramiques obtenus à température

MM. Pages.
élevée... 1219
BRENANS et C. PROST. — Acides salicyliques iodés... 1626
BRENCKMANN (E.). — Voir *Terroine (Émile-F.), A. Feuerbach* et *É. Brenckmann.*
BREPSON (Mlle). — Sur la formation des sols dans la région de Saulieu (Morvan)... 1816
BRETON (J.-L.). — Éclateurs à soufflage de l'étincelle dans un diélectrique gazeux... 471
— *Errata* relatifs à cette communication... 720
BRIDEL (Marc). —Étude biochimique sur la composition du *Monotropa hypopitys* L. : obtention d'un glucoside nouveau, la monotropéine... 1742
BRILLOUIN (Marcel). — Fait partie de la commission des prix de physique... 643
— Possibilité d'étudier les phénomènes de la radiotélégraphie sur des modèles réduits... 1776
BRIQUET (A.). — L'envahissement de la mer sur la côte de Berck et les enseignements de la géologie récente... 315
BROCA (André) et Jean COMANDON. — Sur la représentation picturale du mouvement... 785
BROCHET (André). — Hydrogénation et déshydrogénation de l'huile de ricin et de ses dérivés... 513
BROGGER (Waldemar Christofer) est élu associé étranger en remplacement de M. *Schwendener*, décédé. 483
— Son élection est approuvée... 621
— Adresse des remercîments à l'Académie... 724
MM. Pages.
BROGLIE (Maurice de) et J. CABRERA. — Sur les rayons gamma de la famille du radium et du thorium étudiés par leur effet photoélectrique... 295
— Sur le spectre K d'absorption de l'élément 72... 433
BROGLIE (M. de) et E. FRIEDEL. — La diffraction des rayons X par les corps smectiques... 738
BROGLIE (M. de) et A. LEPAPE. — Sur la discontinuité K d'absorption du krypton et du xénon... 1611
BRUTZKUS (Marcus). — Une contribution à la théorie des moteurs à combustion interne... 1621, 1808
BRYLINSKI (E.). — Propagation d'ondes électromagnétiques entretenues le long d'une ligne en fer... 1458
BUEN (Odon de) et José GIRAL. — Les tables hydrographiques de Knüdsen, l'eau normale et les limites d'erreur dans l'analyse de l'eau de mer... 177
— *Errata* relatifs à cette communication... 424
BUGNON (P.). — Sur le nombre des cotylédons de la Ficaire... 766
— Sur les homologies des feuilles cotylédonaires... 1732
BUHL (A.). — Sur les champs massique et électromagnétique de M. Th. de Donder... 367
BULL (L.). — Technique photographique pour la mise en évidence de faibles déformations dans les objets rectilignes... 1612
BURNET (Et.). — Voir *Nicolle (Charles), Et. Burnet* et *E. Conseil.*

C

CABREIRA (Antonio). — Méthode pour obtenir les coordonnées géographiques à une hauteur quelconque de l'astre... 1052
CABRERA (J.). — Sur les limites d'absorption K de quelques éléments.. 740
— Voir *Broglie (M. de)* et *J. Cabrera.*
CAILLE et E. VIEL. — Sur un nouveau réactif des alcaloïdes et la préparation des iodostibinates de ces corps à l'état cristallisé... 1156
— Recherches de petites quantités d'antimoine et de bismuth dans les liquides biologiques... 1759
CALMETTE (Albert), A. BOQUET et L. NÈGRE. — Rôle du facteur « terrain » dans l'évolution de la tuberculose expérimentale chez le

MM. Pages.
lapin et chez le cobaye........... 1197
CAMPBELL (W. W.). — M. le *Secrétaire perpétuel* donne lecture d'une dépêche dans laquelle il annonce les résultats des premières mesures faites sur les clichés obtenus pendant l'éclipse totale de Soleil, en Australie et à Haïti............. 1036
CAMUS (M[lle] A.). — Voir *Camus (E.-G.)* et M[lle] *A. Camus.*
CAMUS (E.-G.) et M[lle] A. CAMUS. — Flore générale de l'Indo-Chine. tome VII, fasc. 5 : graminées (imp.). 1036
CARDOT (HENRY) et HENRI LAUGIER. — Adaptation, transmission des caractères acquis, sélection par concurrence vitale chez le ferment lactique.............. 1087
CARIDROIT (F.). — Voir *Pézard (A.), Knud Sand* et *F. Caridroit.*
CARLEMAN (TORSTEN). — Sur le calcul effectif d'une fonction quasi-analytique dont on donne les dérivées en un point............. 64
CARNOT (ADOLPHE). — M. *H. Le Chatelier* fait hommage de son « Traité d'analyse des substances minérales » tome IV : « Métaux » (2e Partie). 54
CASTILLE (ARMAND) et F.-W. KLINGSTEDT. — Spectres d'absorption ultraviolets de l'acide benzoïque et des trois acides oxybenzoïques.................. 749
CATALAN (A.). — Sur la structure des spectres d'arc des éléments des colonnes VI et VII de la Table périodique (I)................. 84
— Sur la structure des spectres d'arc du molybdène, du sélénium et du chrome........................ 247
— Séries spectrales et potentiels d'ionisation et de résonance du chrome et du molybdène.............. 1063
CAYEUX (L.). — Le phénomène, dit de l'impression, dans les minerais de fer mésozoïques de France....... 1334
— Rôle des Crinoïdes dans l'histoire des minerais de fer oolithique secondaires........................ 1631
CHAMIÉ (M[lle]). — Ionisation produite par l'hydratation du sulfate de quinine....................... 251
CHAPUT (E.) et L. PERRIAUX. — Existence de sables albiens et de poudingues calcaires sur les hauts plateaux de la Côte-d'Or......... 1164
CHARCOT (J.). — Voir *Vanssay (de)* et *J. Charcot.*
CHARDONNET (HILAIRE DE). — Est délégué à l'inaugnration de l'exposition que l'Aéro-Club de France organise pour fêter le centenaire du physicien Charles............... 1115
— id. aux fêtes du centenaire de Pasteur à Besançon.................... 1282
— id. à la cérémonie qui aura lieu le 10 juin 1923 à l'occasion du centenaire de Pasteur à Marnes-la-Coquette..................... 1437
CHARLES (JACQUES-ALEXANDRE-CÉSAR). — MM. *P. Painlevé* et *H. de Chardonnet* sont délégués à l'inauguration de l'exposition que l'Aéro-Club de France organise pour fêter son centenaire................ 1115
CHARRIOU (ANDRÉ). — Sur l'entraînement des acides par les précipités d'alumine................. 679
— Sur le déplacement réciproque des corps entraînés par les précipités.. 1890
CHASSEVANT (ALLYRE) et CHOUCHAK. — Mesure du degré d'ionisation des eaux minérales........ 1910
CHATILLON. — Sur le paramagnétisme du sulfate de cobalt en solution aqueuse.................. 1608
CHATTON (M[me] M.). — Voir *Chatton (Édouard)* et M[me] *M. Chatton.*
CHATTON (ÉDOUARD) et M[me] M. CHATTON. — La sexualité provoquée expérimentalement chez un infusoire : *Glaucoma scintillans.* Prédominance des conditions du milieu dans son déterminisme......................... 1091
— L'influence des facteurs bactériens sur la nutrition, la multiplication et la sexualité des infusoires...... 1262
CHAUDUN (M[lle] A.). — Voir *Colin (H.)* et M[lle] *A. Chaudun.*
CHAUMEIL et V. THOMAS. — Recherches sur le sulfure de picryle. Étude du binaire trinitroanisol-sulfure de picryle.............. 1323
CHAVANNE (G.). — Voir *Simon (L.-J.)* et *G. Chavanne.*
CHAVASTELON (R.). — Sur un procédé de conservation des bois..... 1178

MM. Pages.
CHAZY (Jean). — Sur l'expression de la loi d'Einstein en coordonnées cartésiennes.................... 285
— Sur la correction apportée par la théorie de la relativité à la durée de révolution newtonienne des planètes...................... 666
— Sur les effets séculaires de la théorie de la relativité dans les mouvements planétaires.............. 1542
CHEVALIER (Auguste) pose sa candidature à la place vacante, dans la section de botanique, par le décès de M. *G. Bonnier*.......... 1037
— Est présenté en troisième ligne..... 1267
— Obtient des suffrages............. 1281
CHEVALIER (J.) et Fernand MERCIER. — Action pharmacodynamique du principe insecticide des fleurs de pyrèthre............... 1847
CHEVALLIER (A.). — Voir *Cluzet (J.)* et *A. Chevallier.*
CHEVENARD (P.). — Voir *Portevin (A.)* et *P. Chevenard.*
CHODAT (Robert). — Assiste à une séance de l'Académie........... 1513
CHOUCHACK. — Voir *Chassevant (Allyre)* et *Chouchack.*
CHRÉTIEN (Henri). — Enregistrement du temps, en chiffres, au millième de seconde, d'après un pendule entretenu électriquement. 882
CHRISTESCO (Stephan). — Systèmes cellulaires des mondes. La lumière relative et l'expérience de Michelson (imp.).................... 1282
CHRISTOU. — Voir *Lesné (E.), Christou* et *Vaglianos.*
CHUARD (J.). — Quelques propriétés des réseaux cubiques tracés sur une sphère.................... 73
CIAMICIAN (Giacomo). — Son remplacement parmi les associés étrangers......................... 723
CISOTTI (U.). — Sur les mouvements plans des liquides doués de viscosité......................... 733
— Remarque sur la note « Circulation superficielle » de M. P. Noaillon..... 1209
CLAUDE (G.). — Sur l'application des gaz de fours à coke à la synthèse de l'ammoniaque.............. 394
CLERC (L.-P.). — Science, technique et industries photographiques. Vol. II, 1922 (imp.)............. 724
CLUZET (J.) et A. CHEVALLIER. — Sur l'emploi de l'émanation du thorium en inhalation........... 127
COLIN (le Père). — Sa mort est annoncée à l'Académie............ 1270
COLIN (H.) et H. BELVAL. — Sur les prétendues dextrines de réserve des monocotylédones........... 1493
COLIN (H.) et Mlle A. CHAUDUN. — Hydrolyse diastasique des glucosides d'alcools. Détermination des poids moléculaires.............. 440
COLIN (H.) et Mlle Y. TROUARD-RIOLLE. — Dissociation de l'hybride : Orge noire à barbes lisses × Orge Albert............ 854
COLSON (Albert). — Contribution aux lois de la solubilité.......... 1552
COMANDON (Jean). — Voir *Broca André* et *Jean Comandon.*
CONSEIL (E.). — Voir *Nicolle (Charles), Et. Burnet* et *E. Conseil.*
COPAUX (H.) et Ch. PHILIPS. — Chaleur d'oxydation du glucinium......................... 579
CORBIN (Paul) et Nicolas OULIANOFF. — Sur le Mésozoïque du Prarion (vallée de l'Arve)........ 1171
— Sur certains caractères du plissement hercynien dans la région Servoz-Les Houches (vallée de l'Arve)....................... 1561
CORDEBAS (R.). — Voir *Werhlé (Ph.)* et *R. Cordebas.*
CORNET (Jules) est élu correspondant pour la section de minéralogie, en remplacement de M. *W. C. Brögger*, élu associé étranger.......... 723
— Adresse des remercîments à l'Académie......................... 877
CORNU (Alfred). — Mme Veuve Cornu adresse une notice sur ses travaux et un exemplaire en bronze de sa médaille........................ 156
CORVISY. — Voir *Fric* et *Corvisy.*
COSSERAT (Eugène) fait hommage du n° I du « Bulletin de l'Observatoire de Toulouse »................. 358
COSTA LOBO (da). — Assiste à une séance de l'Académie........ 341, 1270
COSTANTIN (Julien) présente un ouvrage intitulé : « Origine de la vie sur le Globe »................. 641

MM. Pages.

— Fait partie de la commission des prix de botanique 643
COSTY (P.). — Voir *Goris (A.)* et *P. Costy.*
COTTON (AIMÉ). — Est présenté en seconde ligne pour la succession de M. *E. Bouty* 1680
— Obtient des suffrages 1686
COUDER (A.). — Voir *Hackspill (L.)* et *A. Couder.*
COUPIN (HENRI). — Sur la nature morphologique de la « pomme » des choux-fleurs 1176
— Quelques remarques sur la locomotion des Oscillaires 1491
COURRIER (R.). — Remarques sur la membrane de fécondation de l'œuf d'Oursin (*Paracentrotus lividus*) 1260
COURTIER (JULES). — Expériences sur une sensibilité nouvelle du tact. 1747
COUSIN (Mlle GERMAINE). — Sur le prolongement, entre Belfort et Thann, des accidents tectoniques de la bordure secondaire située au sud du massif vosgien 173
COUTURIER (HENRI). — Voir *Lumière (Auguste)* et *Henri Couturier.*
CRÉMIEU (V.). — La croissance des végétaux et les principes de la physique 263
CROMMELIN (C.-A.). — Voir *Mathias (E.), C. A. Crommelin* et *H. Kamerlingh Onnes.*
CSILSER (ERNEST). — Quelques propriétés dynamiques et géométriques du mouvement résultant des conditions de M. Angelesco ... 983
CUÉNOT (LUCIEN), R. LIENHART et M. MUTEL. — Expériences montrant la non-hérédité d'un caractère acquis 611
CUÉNOT (L) et L. MERCIER. — Les muscles du vol chez les mutants alaires des Drosophiles (*Drosophila melanogaster* Meig.) 1112
CURIE (Mlle IRÈNE). — Sur la distribution de longueur des rayons α ... 434
— Dispositif pour la mesure des fortes ionisations dues aux rayons α 1462
CURIE (Mlle I.) et M. G. FOURNIER. — Sur le rayonnement du radium D et du radium E 1301

D

DAINELLI (GIOTTO). — Studi sul glaciale, in Spedizione italiana de Filippi nell' Himàlaia, Caracorùm e Turchestàn cinese (imp.) 1780
DAMIENS (A.). — Les isotopes (imp.) .. 1591
DAMMANN (Mlle Y.). — Tremblement de terre du Kansou : Détermination de l'épicentre 960
DANGEARD (PIERRE-AUGUSTIN). — Fait partie de la commission des prix de botanique 643
DANGEARD (P.-A.) et PIERRE DANGEARD. — Sur la vitalité des feuilles d'*Aucuba* conservées dans le vide 49
— Note de M. *Maquenne* relative à cette communication 205
— Seconde note sur la vitalité des feuilles d'*Aucuba* conservées dans le vide 1855
DANGEARD (PIERRE). — Le vacuome dans les grains de pollen des Gymnospermes 915
DANGUY (PAUL). — Flore générale de l'Indo-Chine : tome III, fasc. I : Caprifoliacées (imp.) 1036
DANIEL (LUCIEN). — Régénérescence de la pomme de terre par la greffe. 857
— Variation des parfums sous l'influence du greffage 999
DANJON (A.). — Voir *Bauer (E.)* et *A. Danjon.*
DARMOIS (E.). — Action de l'acide molybdique sur le pouvoir rotatoire des éthers tartriques et maliques 1140
DARMOIS (E.) et J. PÉRIN. — Sur l'acide malique droit et l'utilisation du molybdate d'ammonium pour le dédoublement de l'acide malique racémique 391
DARMOIS (GEORGES). — Sur l'intégra-

MM. Pages.
tion locale des équations d'Einstein... 646
— id. (problème intérieur)... 731
DAUVILLIER (A.). — Sur le spectre de haute fréquence du celtium.... 676
— Recherches spectrographiques de haute fréquence dans le groupe des terres rares... 1381
— Sur le paramagnétisme et la structure de l'atome... 1802
— Voir *Auger* (*Pierre*) et *A. Dauvillier*.
— Voir *Urbain* (*G.*) et *A. Dauvillier*.
DEBIERNE (André). — Obtient des suffrages au scrutin pour l'élection d'un membre pour la section de chimie... 642
DECOMBE (L.). — Sur la théorie de la gravitation... 292
— Sur la théorie analytique de l'irréversibilité. Les transformations élémentaires isocinétiques... 1868
DE DONDER (Th.). — Synthèse de la gravifique... 1700
DEFOURNEAUX (F.). — Sur une catégorie de polynomes analogues aux polynomes électrosphériques. 649
DEHORNE (Armand). — Les cellules interstitielles dans le testicule d'Annélides, *Stilaria* et *Lumbricus*. 1674
DÉJARDIN (Georges). — Vitesses critiques des électrons dans le krypton et excitation des spectres de ce gaz... 894
DEJEAN (P.). — Corrélation entre l'hypothèse du champ démagnétisant élémentaire et la théorie du champ moléculaire... 388
— *Errata* relatifs à cette communication... 542
DELABY (Raymond). — Caractérisation des alcoylglycérines... 396
— Préparation de quelques éthers et de quelques dérivés glycidiques des alcoylglycérines... 589
— Action des composés organomagnésiens mixtes sur l'épibromhydrine de l'éthylglycérine... 1153
— Action des halogénures de magnésium sur l'épibromhydrine de l'éthylglycérine... 1326
— Action de l'acide formique sur l'éthylglycérine. Passage à la β-éthylcroléine... 1898
DELAMARE (G.). — Chaire de médecine exotique de la Faculté de Constantinople. Études et notes (imp.)... 1037
DELAUNAY (Boris). — Interprétation géométrique de la généralisation de l'algorithme des fractions continues donnée par Voronoï... 554
DELAUNEY (P.). — Nouvelles recherches relatives à la présence de la loroglossine dans les orchidées indigènes... 598
DELÉPINE (Marcel). — Irido-dipyridinodioxalates de potassium... 445
— Est présenté en seconde ligne pour la succession de M. *Georges Lemoine*... 618
— Obtient des suffrages... 642
DELHAYE (F.) et A. SALÉE. — Le Graben Central-Africain entre le lac Tanganika et le lac Albert-Édouard... 1905
DELMAS (H.). — Voir *Sauvageot* (*M.*) et *H. Delmas*.
DEMOLON (A.) et P. BOISCHOT. — Recherches sur l'assimilabilité des engrais phosphatés... 777
DENAEYER (M.-E.). — Sur les roches recueillies par MM. Chudeau et Villatte dans le Sahara central.... 1073
— Les roches de l'Adrar des Iforass et de l'Ahaggar... 1161
— *Errata* relatifs à cette communication... 1512
DEPÉRET (Charles). — Fait partie de la commission des prix de minéralogie et géologie... 643
— Est délégué à l'inauguration du monument de *Saturnin Arloing* le 6 mai 1923... 972
— Les glaciations des vallées pyrénéennes françaises et leurs relations avec les terrasses fluviales... 1519
DEPÉRET (C.) et L. MAYET. — Les rameaux phylétiques des Éléphants... 1278
DESCARTES. — Voir *Launay* (*L. de*).
DESCHARMES (René). — Bibliographie des travaux scientifiques (imp.)... 55
DESGREZ (A.), H. BIERRY et G. RATHERY. — Action de l'insuline sur la glycémie et sur l'acidose. 1833
DESGREZ (A.) et J. MEUNIER. — Sur les éléments minéraux du sang. 608

MM. Pages.
DESLABRES (L.). — Voir *Dupont* (*G.*) et *L. Desalbres*.
DESLANDRES (Henri). — Est élu membre de la Commission de la Maison de l'Institut de France à Londres 552
— Fait partie de la commission des prix d'astronomie..... 643
— id. du prix Estrade-Delcros..... 645
DESLIENS (Louis). — Mensuration de la pression artérielle par la méthode sanglante. Procédé hémodynamométrique très exact et d'application courante..... 1750
— Hémodynamométrie veineuse. Hémodynamométrie cardiaque..... 1918
DESNOS (E.). — Voir *Pousson* (*A.*) et *E. Desnos*.
DEWAR (Sir James). — Sa mort est annoncée à l'Académie..... 1269
DIÉNERT (F.). — Considérations sur la formation des sources..... 125
— Contribution à l'étude de la circulation des eaux dans la craie..... 454
— Sur la circulation souterraine en terrains fissurés..... 756
— *Errata* relatifs à cette communication..... 932
DIÉNERT (F.) et F. WANDENBULCKE. — Sur le dosage de la silice dans les eaux..... 1478
DIENES (Paul). — Sur les suites transfinies de nombres réels..... 67
— Sur la théorie électromagnétique relativiste..... 238
— Sur la géométrie tensorielle..... 370
DIVISION DES SCIENCES MATHÉMATIQUES. — Est chargée de présenter une liste de deux candidats au poste de directeur de l'Observatoire de Marseille, vacant par le décès de M. *H. Bourget*..... 1525
DIXMIER (G.). — Voir *Aubert* (*M.*) et *G. Dixmier*.
DOLLFUS (Robert-Ph.). — Le cestode des perles fines des Méléagrines de Nossi-Bé..... 1265
— Le trématode des perles de nacre des moules de Provence..... 1427
DORLENCOURT (H.). — Voir *Tiffeneau* (*M.*) et *H. Dorlencourt*.
DOUBLET (E.). — L'utilisation de la chaleur solaire aux Colonies (imp.). 483
DOURIS (R.) et G. BEYTOUT. — Combinaisons mercuriques de l'hexaméthylènetétramine..... 107
DOUVILLÉ (Henri). — Fait partie de la commission des prix de géographie..... 643
— id. des prix de minéralogie et géologie. 643
— id. des prix d'anatomie et zoologie.. 643
— id. du grand prix des sciences physiques..... 644
— id. chargée de proposer une question pour le prix Bordin à décerner en 1925..... 645
— id. du prix Petit d'Ormoy des sciences naturelles..... 645
— Présente de la part de M. *D. Zalesski*, un atlas consacré à la Flore paléozoïque de la série d'Angora..... 1199
DRACH (Jules). — Sur des classes remarquables de congruences W.. 1591
DRAGOIU (J.). — Voir *Rose* (*M.*), *J. Dragoiu* et *F. Vlès*.
— Voir *Vlès* (*F.*), *J. Dragoiu* et *M. Rose*.
DRAGOIU (J.), VLÈS et M. ROSE. — Conséquences cytologiques de l'abaissement du P_H extérieur sur l'évolution de l'œuf d'Oursin..... 409
DRIENCOURT (Ludovic). — Est présenté en seconde ligne pour une place de membre titulaire vacante au Bureau des longitudes..... 223
— Retire sa candidature à la place vacante dans la section de géographie et navigation par suite de la mort de M. *L. Favé*..... 553
DUBOIS (Raphael). — Sur les larmes et les fonctions de la glande lacrymale..... 1001
— Sur l'anticinèse giratoire..... 1346
— Sur la toxicité du cuivre à l'égard des moisissures..... 1498
DUFAY (Jean). — Le spectre du ciel nocturne..... 1290
DUFFIEUX. — Sur la masse des particules qui émettent le spectre secondaire de l'hydrogène..... 1876
DUFOUR (Ch.). — Valeurs des éléments magnétiques à la station du Val-Joyeux (Seine-et-Oise) au 1er janvier 1923..... 176
DUFOUR (R.). — Les fours à induction à haute fréquence..... 828
DUFRAISSE (Charles). — Voir *Moureu* (*Charles*), *Charles Dufraisse* et *Ph. Landrieu*.

MM. Pages.
— Voir *Moureu* (*Charles*) et *Charles Dufraisse.*
DUMANOIS (P.). — Dispositif aérodynamique d'essais de moteurs... 491
— Note à propos de cette communication, par M. *Rateau*............ 493
— Sur l'utilisation d'un mélange alcool-pétrole lampant à haute teneur d'alcool........................ 1449
— *Erratum* relatif à cette communication........................ 1772
DUNOYER (LOUIS). — Spectres d'induction et spectres d'étincelle....................... 953, 1213
DUPONT (G.) et L. DESALBRES. — Sur un cas curieux de séparation d'inverses optiques par distillation et par cristallisation......... 1881
DUPORT (H.). — Critique des théories einsteinniennes. La relativité et la loi de l'attraction universelle (imp.)......................... 553
DURAND (J.-F.). — Action de l'acétylène sur le zinc-éthyle......... 992
DURAND (JEAN). — Contribution à l'étude des méthodes d'essais des fontes......................... 1450
DUVAL (MARCEL) et P. PORTIER. — Imperméabilité à l'urée de divers tissus des poissons Sélaciens...... 920
DYBOWSKI (JEAN). — Une nouvelle force industrielle : l'utilisation des calories fournies par les sources thermales...................... 764

E

ÉBLÉ (L.). — Mesures magnétiques dans le Bassin de Paris.......... 1638
EGINITIS (D.). — La réforme du calendrier en Grèce.................. 735
ENGEL (F.). — Œuvres de *Sophus Lie*, tome III (imp.)................ 156
EPHRUSSI (BORIS). — Sur la spermatogenèse du *Balanus perforatus*... 141
— Sur la sexualité d'un hydraire, *Clava squamata*................ 1766
EPHRUSSI (BORIS) et ANDRÉ LWOFF. — Sur la double périodicité cyclique de la zone de division chez un cilié, *Colpidium colpoda*, mise en évidence par la réversion de la scission....................... 930
EREDIA (FILIPPO). — La sécheresse en Italie pendant l'année 1921...... 402
— Sur la température de l'air en Tripolitaine......................... 850
ERRERA (JACQUES). — Supports colloïdaux pour l'obtention de spectres d'émission de solutions...... 1874
ESCOURROU (R.). — Voir *Grignard* (*V.*) et *R. Escourrou.*
EVANS (G. C.) et H. E. BRAY. — Sur l'intégrale de Poisson généralisée. 1042
— La formule de Poisson et le problème de Dirichlet.................... 1368
EYRAUD (HENRI). — Sur les espaces multiples et les tenseurs......... 1605

F

FABRY (CHARLES). — Est présenté en première ligne pour la succession de M. *E. Bouty*................ 1680
— Obtient des suffrages.............. 1686
— Obtient des suffrages au scrutin pour la formation d'une liste de candidats au poste de directeur de l'Observatoire de Marseille........... 1779
FANO (GINO). — Sur la congruence des normales à une quadrique........ 1866
FARLOW (WILLIAM GILSON). — Sa vie, par *Charles Loring Jackson* (imp.)............................ 645
FAVÉ (LOUIS). — Son remplacement dans la section de géographie et navigation..................... 552
FEIL (A.). — Voir *Heim* (*F.*), *E. Agasse* et *A. Feil.*
FERRIÉ (GUSTAVE). — Fait partie de la commission des prix de navigation........................... 643
— id. de géographie................ 643

MM. Pages.

— Est désigné pour faire partie du Conseil de l'Office national des recherches scientifiques et industrielles et des inventions 723

FEUERBACH (A.). — Voir *Terroine (Emile-F.)*, *A. Feuerbach* et *E. Brenckmann*.

FEYTAUD (J.). — Un plan de lutte contre le Doryphore de la pomme de terre 774

FICHOT (EUGÈNE). — Les marées et leur utilisation naturelle (imp.) ... 157

— Est présenté en première ligne pour une place de membre titulaire vacante au Bureau des longitudes. 223

— Est présenté en seconde ligne pour la succession de M. *Louis Favé* 542

— Obtient des suffrages 552

— Sur les particularités du régime amphidromique des mers ouvertes. 1292

FILIPPI (de). — Explorations in the Eastern Kara-Koram and the upper Yarkand valley (imp.) 1591

FLAMMARION (C.) signale l'accroissement d'éclat de l'étoile β Ceti 567

FLEURELLE (DE). — Voir *Ollone (d')*, *de Fleurelle, Lepage, de Boyve*.

FORCRAND (ROBERT DE). — Sur les alcoolates thalleux 20

— Sur les hydrates de krypton et d'argon 355

— Sur l'hydroxyde thalleux 873

FOSSE (R.) et A. HIEULLE. — Dérivés xanthylés de l'acide allophanique, de la thiosinamine et de l'allantoïne 1719

FOUASSIER (MARC). — Influence du cuivre sur la fermentation lactique. 606

FOURNIER (ERNEST). — Fait partie de la commission des prix de géographie 643

— id. de navigation 643

— Fait hommage d'une brochure intitulée : « Carènes de formes nuisibles ou favorables à leurs grandes vitesses, et résistances de l'eau à leur translation » 1864

MM. Pages.

FOURNIER (G.). — Voir *Curie* (Mlle *I.*) et *G. Fournier*.

FOVEAU DE COURMELLES. — Similitudes des chocs en médecine; leur superposition dangereuse, mais évitable 1429

FRAICHET (L.). — Essai magnétique des aciers à la traction. Limites élastiques 1795

FRANCHET (L.). — Sur un nouveau matériel industriel de l'époque néolithique 255

FRANCHETTE (F.). — Le pneumonesthésiographe 1755

FRÉCHET (MAURICE). — Sur l'existence de classes (ω) non complètes. 977

— Sur la distance de deux ensembles ... 1123

FRÉMONT (CHARLES). — Influence de la vitesse d'impact dans le tarage des ressorts dynamométriques 78

— Cause de la formation du palier dans l'essai de traction des aciers doux .. 361

— Le marteau. Le choc. Le marteau pneumatique (imp.) 821

— Essai mécanique des tubes d'acier (imp.) 972

FRÈREJACQUE (M.). — Voir *Simon (L.-J.)* et *M. Frèrejacque*.

FREYCINET (CHARLES DE). — Sa mort est annoncée à l'Académie 1433

FRIC et CORVISY. — Traduction de la deuxième édition de l'ouvrage : « Les rayons d'électricité positive et leur application aux analyses chimiques » de Sir *J. J. Thomson* .. 223

FRIEDEL (E.). — Voir *Broglie (M. de)* et *E. Friedel*.

FRIEDEL (GEORGES). — Sur les corps cholestériques 475

FRITEL (P.-H.). — Sur deux espèces de Fougères nouvelles pour la Flore fossile des meulières de Beauce (Aquitanien) 1635

FUNKE (G.-L.). — Recherches biologiques sur des plantes à tiges rampantes 604

G

GALARZA (ROMAN). — Quimica experimental (imp.) 724

GALIANO (FERNANDEZ). — Les contractions rythmiques des Vorti-

MM. Pages.
celles.......................... 1008
GAMBIER (Bertrand). — Sur les courbes de Bertrand et sur les transformations involutives permutables...................... 27
— Systèmes de points surabondants dans le plan; application à l'étude de certaines surfaces............ 1287
— Sur les courbes de Bertrand et en particulier sur celles qui sont algébriques........................ 1594
— Courbes minima; courbes à torsion constante; courbes de Bertrand. Déformation du paraboloïde et de l'hyperboloïde de révolution...... 1785
GARIBALDI (Americo). — Thyroïdectomie et immunité : allergie thyroïdienne.................. 1341
GARNIER (René). — Sur les fonctions uniformes de deux variables indépendantes définies par l'inversion d'un système algébrique aux différentielles totales du quatrième ordre............... 1363, 1525, 1689
GARNIER. — Voir *Pascal* (*Paul*) et *Garnier*.
GARRELON (L.). — Voir *Richet* (*Charles*), *L. Garrelon* et *D. Santenoise*.
GARRELON (L.) et D. SANTENOISE. — Rapports entre la résistance de l'organisme aux poisons et la modification rapide du réflexe oculo-cardiaque (contribution à l'antianaphylaxie).............. 861
GAU (E.) demande l'ouverture d'un pli cacheté.................... 223
— Sur l'étude des invariants relatifs aux caractéristiques des équations aux dérivées partielles du second ordre, à deux variables indépendantes........................ 278
GAUBERT (P.). — Sur les cristaux liquides de l'anisal-*p*-amidoazotoluol......................... 907
GAUTRELET (Émile). — L'acide-éther monométhylorthophosphosalicylique..................... 1770
GAUTRELET (J.). — Choc et réactions parasympathiques............. 1185
GELOSO (M.). — Isothermes d'absorption des sels par le bioxyde de manganèse..................... 1884
GENTIL (Louis). — Est présenté en seconde ligne pour la succession de M. *Louis Favé*................. 542
— Est élu......................... 552
— Son élection est approuvée......... 621
— Fait partie de la commission des prix de navigation.................. 643
— id. de géographie................. 643
GEORGÉVITCH (Pierre). — Sur le rôle du centrosome dans la cinèse.. 1084
GEORGÉVITCH (Jivoin). — Nouvelles recherches sur la mouche de Goloubatz....................... 1500
GILA (F.-A.). — Voir *Giral* (*J.*) et *F.-A. Gila*.
GILLET (Alfred). — Une vérification du pouvoir antioxygène des polyphénols : Relation entre la « solidité à la lumière » des colorants sur fibre et la présence dans leur molécule de la fonction diphénol (ortho ou para)...................... 1402
GILLET (Alfred) et Fernand GIOT. — Une application du pouvoir antioxygène des polyphénols : accroissement de la solidité à la lumière des colorants sur fibre.... 1558
— Applications des antioxygènes aux colorants. Le pouvoir antioxygène des sels cuivreux explique l'accroissement, par les sels cuivreux, de la solidité à la lumière de certains colorants sur fibre.............. 1894
GILLOT (P.). — Sur les variations de quelques réserves hydrocarbonées dans la Mercuriale vivace (*Mercurialis perennis* L.)............... 1657
GIOT (Fernand). — Voir *Gillet* (*Alfred*) et *Fernand Giot*.
GIRAL (José). — Voir *Buen* (*Odon de*) et *José Giral*.
GIRAL (José) et F.-A. GILA. — Sur l'emploi du chlorure de sodium comme étalon dans le dosage des halogènes de l'eau de mer........ 1729
GIRAUX (L.). — Sur la position géologique des ateliers néolithiques de la forêt de Montmorency......... 526
GIRE (G.). — Sur la dissociation du chloro-iridate de potassium...... 241
GLANGEAUD (Philippe). — Obtient des suffrages au scrutin pour l'élection d'un correspondant pour la section de minéralogie........... 157
— Est élu correspondant pour la sec-

MM. Pages.
tion de minéralogie, en remplacement de M. *Otto Lehmann*, décédé. 223
— Adresse des remercîments.......... 273
— Sur le séisme du 12 octobre 1922 dans la Creuse et le Limousin et sur quelques séismes dans le nord-ouest du Massif Central.......... 638
— Le sondage pétrolifère de Crouelle, près de Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme)...................... 816
GLIXELLI (S.). — Influence des sels neutres sur les gels de silice....... 1714
GODCHOT (MARCEL). — Sur les cyclohexanediols-1.2 et l'ortho-chlorocyclohexanol.................. 448
— Sur l'oxydation de la diméthylcyclohexanone-1.3.4 et sur la synthèse de dicétones cyclopentaniques.... 1151
GORDON (SAMUEL-G.). — The mineralogy of Pennsylvania (imp.).... 359
GORIS (A.). — Sur la composition chimique du *Monotropa Hypopitys* L. 1826
GORIS (A.) et P. COSTY. — Sur l'uréase des champignons.............. 412
GORIS (A.) et A. LIOT. — Importance des sels ammoniacaux organiques dans la production de la pyocyanine par le bacille pyocyanique... 191
GOSSOT (F.) et R. LIOUVILLE. — Sur les principes de la balistique intérieure........................ 1539
GOURSAT (ÉDOUARD). — Fait partie de la commission des prix de mathématiques.................... 642
GOUTAL (E.). — Traité d'analyse des substances minérales par *Adolphe Carnot*. Tome IV (imp.).......... 54
GOUY (GEORGES). — Sur le perfectionnement du microscope par l'emploi des rayons X.................. 807
— Est délégué à l'inauguration du monument de *Saturnin Arloing*, le 6 mai 1923.................. 972
GRAM. — Assiste à une séance de l'Académie...................... 1513
GRAMONT (le comte ARNAUD DE). — Observations sur la structure du spectre du chrome.............. 216
— Sur l'emploi du chalumeau oxyacétylénique en analyse spectrale. Applications à la minéralogie..... 1104
— *Erratum* relatif à cette communication.......................... 1268
GRAVIER (CHARLES). — Remarques sur une note de M. R. Herpin..... 539
— Fait partie de la commission des prix d'anatomie et zoologie........... 643
— id. du prix Serres................ 644
GREENHILL (Sir GEORGE), correspondant pour la section de mécanique, assiste à une séance de l'Académie.................... 933
GRIALOU (J.). — Sur le mouvement rotationnel, mais permanent, des liquides doués de viscosité, lorsque les trajectoires sont planes et verticales........................ 566
GRIGNARD (VICTOR) et R. ESCOURROU. — Sur les méthylhepténols tertiaires (I.). Leur dédoublement cétonique...................... 1860
GRUMBACH (A.). — Sur les piles à liquides fluorescent............ 88
GRUVEL. — Quelques gisements de coraux sur la côte occidentale du Maroc........................ 1637
GUÉRIN (PAUL). — Pose sa candidature à la place vacante, dans la section de botanique, par le décès de M. *G. Bonnier*................. 1037
— Est présenté en seconde ligne pour la succession de M. *Gaston Bonnier*.. 1267
— Obtient des suffrages............. 1281
GUEYLARD (Mlle FRANCE). — Intervention de la rate dans les phénomènes d'adaptation aux changements de salinité.............. 917
GUICHARD (CLAUDE). — Sur les figures polaires réciproques par rapport à une sphère........... 217
— Sur deux systèmes triples orthogonaux qui se correspondent de telle sorte que la seconde tangente de l'un soit polaire réciproque de la troisième tangente de l'autre par rapport à un complexe linéaire.... 425
— Sur les systèmes triplement indéterminés de sphères, de cercles et de deux-points................ 808
— Sur les systèmes triplement indéterminés de cercles Ω.......... 1109
— Sur les systèmes triples orthogonaux de M. Bianchi. Application à un problème sur les polaires réciproques par rapport à une sphère.. 1353
— Sur deux systèmes triples orthogonaux qui se correspondent de telle sorte que les premières tan-

MM. Pages.
gentes aux deux systèmes soient polaires réciproques par rapport à un complexe linéaire............ 1587
GUIGNARD (Léon). — Fait partie de la commission des prix de géographie........................ 643
— id. des prix de botanique.......... 643
— id. des prix d'économie rurale...... 643
— id. des prix de médecine et chirurgie. 644
— id. du fonds Charles Bouchard...... 644
— id. des prix Gustave Roux, Thorlet, des fondations Lannelongue, Trémont, Gegner, Hirn, Henri Becquerel......................... 644
— id. du grand prix des sciences physiques......................... 644
— id. du prix Serres................. 644
— id. chargée de proposer une question pour le prix Bordin à décerner en 1925...................... 645
— id. du prix Petit d'Ormoy des sciences naturelles..................... 645
— id. du prix Lonchampt............ 645
— id. du prix Henry Wilde........... 645
GUILLAUME (J.). — Observations du Soleil faites à l'Observatoire de Lyon, pendant le troisième trimestre de 1922................. 79
— id. pendant le quatrième trimestre de 1922....................... 671
GUILLAUMIN (A.). — Le vide comme moyen de prolonger la faculté germinative des graines............ 1737
GUILLAUMIN (A.-J.-A.). — Voir *Simon (L.-J.)* et *A.-J.-A. Guillaumin.*
GUILLET (Amédée). — Mesure rapide et précise de la fréquence de rotation de l'arbre d'un moteur par la méthode stroboscopique......... 1447
GUILLET (Léon) adresse un rapport sur l'emploi de la subvention qui lui a été accordée sur la fondation Loutreuil en 1921............... 157
— Les méthodes d'études des alliages métalliques (imp.).............. 483
— Discours sur l'évolution scientifique de la métallurgie (imp.).......... 552
GUILLET (Léon) et Marcel BALLAY. — Influence de l'écrouissage sur la résistivité des métaux et des alliages.......................... 1800
GUILLIERMOND (Alexandre). — Obtient des suffrages au scrutin pour l'élection d'un correspondant pour la section de botanique..... 1590
GUINOT (Henri). — Méthode continue de déshydratation de l'alcool et de certains liquides organiques. 1623
GULDBERG (Alf.). — Sur le problème du schéma des urnes....... 1124
GUNTHER (N.). — Sur un théorème auxiliaire.......................... 1115
GUNTZ (Antoine.) et BENOIT. — Sur la chaleur d'oxydation des métaux alcalino-terreux................ 219
— Sur le pouvoir ionisant de l'hydrure de lithium fondu............... 970
GUTTON (C.), S.-K. MITRA et V. YLÖSTALO. — Sur la décharge à haute fréquence dans les gaz raréfiés........................ 1871
GUYE (C. E.). — Interprétation cinétique de la règle de Van't Hoff.... 835

H

HAAG (J.). — Étude de certains problèmes de théorie cinétique, dans l'hypothèse où la force intermoléculaire est une fonction quelconque de la distance............ 32
— Le problème des *n* corps dans la théorie de la relativité 163, 826
— Sur la répartition des molécules d'une masse gazeuse; application à la formule de Van der Waals.... 372
— Sur le problème intérieur de Schwarzchild dans le cas d'une sphère hétérogène.......................... 658
— Sur le champ gravitationnel de *n* corps....................... 1205
— Sur la résolution de certaines équations de Fredholm au moyen d'une série entière.................. 1371
— Sur le problème de Schwarzschild dans le cas d'un univers courbe... 1538
HAAS (Émile). — Nouvelles expériences sur le phénomène de Broca et Sulzer (ondulation de fatigue).... 188
— L'ondulation de fatigue dans diffé-

MM. Pages.
rentes régions du spectre......... 1831
HACKSPILL (L.) et A. COUDER. — Sur la formation d'acide nitrique dans la fabrication de l'acide carbonique liquide............... 1811
HADAMARD (JACQUES) fait hommage d'un ouvrage de M. *G. Juvet*, intitulé : « Introduction au calcul tensoriel et au calcul différentiel absolu » dont il a écrit la préface... 641
— Fait partie de la commission des prix de mathématiques............. 642
— Observations à propos d'une communication de M. Mordoukhay-Boltovskoy.................... 727
— Remarque sur une communication de M. P. Noaillon................ 1059
HADFIELD (Sir ROBERT A.). — Corrosion of ferrous metals. Advances in metallurgy of iron and steel and their influence upon modern engineering. The work and position of the metallurgical chemist, also references to Sheffield and its place in metallurgy (imp.)............... 1361
— Est élu correspondant pour la section de chimie en remplacement de M. *Paternó*, élu associé étranger.. 1590
HALE (GEORGE ELLERY). — The New Heavens (imp.)................ 553
HALLER (ALBIN). — Allocution prononcée en prenant possession du fauteuil de la présidence......... 18
— Annonce la mort de M. *Gaston Bonnier*, membre de la section de botanique et rappelle ses principaux travaux...................... 19
— Dépose sur le bureau de l'Académie le texte d'une conférence sur l'amidure de sodium........... 53
— Annonce la mort de M. *van de Sande Bakhuyzen*, correspondant pour la section d'astronomie........... 149
— id. de M. *E. Ariès*, correspondant pour la section de mécanique..... 545
— id. de M. *Van der Waals*, associé étranger et rappelle ses principaux travaux.......................... 793
— id. de sir *James Dewar*, correspondant pour la section de physique générale...................... 1269
— id. de M. *de Freycinet* et rappelle ses principaux travaux............ 1434
— Fait partie de la commission des prix de chimie...................... 643
— id. des médailles Arago, Lavoisier et Berthelot...................... 644
— id. des prix Gustave Roux, Thorlet, des fondations Lannelongue, Trémont, Gegner, Hirn, Henri Becquerel........................ 644
— id. chargée de proposer une question pour le prix Bordin à décerner en 1925.......................... 645
— id. du prix Henri de Parville (ouvrages de sciences).............. 645
— Est délégué à la manifestation solennelle organisée par la Société d'encouragement pour l'industrie nationale...................... 972
— id. à la cérémonie religieuse du tricentenaire de la naissance de Pascal........................... 1779
HALLER (A.) et R. LUCAS. — Étude de l'absorption dans l'ultraviolet d'une série de dérivés du camphre. 45
HALLER (A.) et L. PALFRAY. — Sur les éthers camphométhanoïques-1-éthanoïques-1 symétriques et mixtes et leurs produits de saponification...................... 1193
HAMEL (G.). — Sur la limite de la végétation dans la Manche, d'après les dragages effectués par le « *Pourquoi-Pas ?* »................... 1568
HAMY (MAURICE) fait hommage de l'Annuaire pour l'an 1923 du Bureau des longitudes............ 273
— Fait partie de la commission des prix d'astronomie..................... 643
— id. du prix Estrade-Delcros........ 645
— Sur la détermination des faibles diamètres par la méthode interférentielle........................... 1849
HANSEN (W.). — Voir *Wahl (A.)* et *W. Hansen*.
HAUG (ÉMILE). — Est élu membre de la commission chargée de présenter une liste de candidats à la place d'associé étranger vacante par le décès de M. *Schwendener*.... 358
— Fait partie de la commission des prix de minéralogie et géologie........ 643
HEDRICK (U. P.). — The pears of New-York (imp.)............... 1441
HEE (Mme A.). — Étude du séisme algérien, du 25 août 1922, d'après les observations microsismiques..... 39

MM. Pages.
HEGH (Émile.). — Les termites (imp.). 26
— Les moustiques (imp.)............ 157
— Voir *Austen* (*E.-E.*) et *Emile Hegh.*
HEIM (F.), E. AGASSE-LAFONT et A. FEIL. — Rôles respectifs du plomb et de l'essence de térébentine dans la pathologie professionnelle des peintres............... 270
HENNEGUY (Félix). — Fait partie de la commission des prix de botanique......................... 643
— id. des prix d'anatomie et zoologie.. 643
— id. des prix de médecine et chirurgie. 644
— id. des prix de physiologie.......... 644
— id. du fonds Charles Bouchard...... 644
— id. du grand prix des sciences physiques......................... 644
— id. du prix Lallemand............. 644
— id. du prix Serres................. 644
HENRI (Victor). — Production de bandes étroites et de bandes larges dans le spectre d'absorption des corps en solution et à l'état de vapeur......................... 1142
— Spectre d'absorption ultraviolet de la vapeur de chlorure de benzène. Détermination de la structure de la molécule.................... 1298
HENRI (Victor) et E. WALTER. — Loi de distribution des bandes dans le spectre d'absorption ultraviolet de la vapeur de toluène.......... 746
HENROTEAU (F.). — Variations spectrales de l'étoile θ^2 Orionis....... 1210
HENRY (Charles). — Sur une sensibilité nouvelle du tact........... 1744
HÉRISSEY (H.). — Sur la réversibilité de l'action fermentaire de la *d*-mannosidase α..................... 779
HERPIN (R.). — Sur les relations sexuelles chez *Perinereis cultrifera* Gr........................ 417
— Comparaison entre le comportement sexuel de quelques Néréidiens des côtes de la Manche.............. 536
— Remarques sur cette note par M. *Ch. Gravier*....................... 539
HERRERA (A. L.). — Sur l'imitation des plasmodies et des structures chromatiques avec le silicate de sodium noirci par le noir d'ivoire et des gouttes d'alcool en diffusion. 1011
HESSE (E.). — Voir *Léger* (*L.*) et *E. Hesse.*
HIEULLE (A.). — Voir *Fosse* (*R.*) et *A. Hieulle.*
HOLWECK. — Propriétés optiques des rayons X de grande longueur d'onde.......................... 570
HOSTINSKY (B.). — Équilibre de l'électricité sur une surface cylindrique........................... 1698
HOUARD (C.). — Les zoocécidies des plantes d'Afrique, d'Asie et d'Océanie. Tome II : Dicotylédones (2e partie) (imp.).......... 941
HOUDAS (J.). — Sur la conservation des graines dans les gaz inertes.... 1407
HOUEL. — M. *Paul Barbarin* fait don à l'Académie de ses lettres au général de Tilly, relatives à la géométrie non euclidienne................ 1036
HOVASSE (R.) et G. TEISSIER. — Péridiniens et zooxanthelles..... 716
HUBERT (Henry). — Sur un procédé, considéré comme nouveau, de représentation stéréoscopique des surfaces topographiques......... 827
HUGUENARD, MAGNAN et A. PLANIOL. — Sur un anémomètre à fil chaud à compensation........ 287
— Sur un appareil donnant la direction instantanée du vent......... 663
HUMBERT (Pierre). — Sur certains polynomes orthogonaux......... 1282
HUSSON (A.). — Voir *Vavon* (*G.*) et *A. Husson.*

I

IMBEAUX (Édouard) fait hommage d'une brochure publiée à l'occasion de l'inauguration du monument élevé à Dijon à la mémoire d'Henry Bazin........................ 1281
— Les bassins artésiens de l'Australie.. 1681
INSTITUT INTERNATIONAL DE PHYSIQUE SOLVAY. — Atomes et électrons (imp.).............. 158
INSTITUT ROYAL VÉNITIEN DES

MM. Pages.
SCIENCES, DES LETTRES ET DES ARTS adresse son hommage respectueux à l'occasion du centenaire de Pasteur ... 1437
INSTITUT SUPÉRIEUR DE VACCINE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE. — Adresse des cartes d'invitation pour la commémoration du centième anniversaire de la mort de *Jenner* ... 157
— Son directeur adresse des remercîments pour le témoignage de sympathie donné à cette occasion... 358
ISAJEVIČ (V.). — Voir *Samec* et *V. Isajevič*.

J

JACKSON (Charles Loring). — *William Gilson Farlow* (1844-1919) (imp.) ... 645
JACOB (Charles). — Obtient des suffrages au scrutin pour l'élection d'un correspondant pour la section de minéralogie ... 157, 223
JALOUSTRE (Léon). — Voir *Aversenq* (*J.-P.*), *L. Jaloustre* et *E. Maurin*.
— Voir *Maubert* (*Alfred*), *Léon Jaloustre* et *Pierre Lemay*.
JANET (Ch.). — Sur l'ontogenèse du *Volvox aureus* Ehr ... 997
JANET (Paul). — Rapport sur un pli cacheté déposé par M. *Raoul Basset* dans la séance du 6 mai 1907 et ouvert, sur sa demande, dans celle du 22 janvier 1923 ... 429
— Fait partie de la commission des prix de physique ... 643
— id. du prix Henri de Parville (ouvrages de sciences) ... 645
— Est désigné pour faire partie du Conseil de l'Office national des recherches scientifiques et industrielles et des inventions ... 723
JEANNEL (René). — L'évolution de l'appareil copulateur dans le genre *Choleva* Latr ... 1014
— Esquisse du peuplement de l'Europe par les espèces du genre *Choleva* Latr ... 1242
— Origine de la faune entomologique des Carpathes et des monts de Bihor ... 1505
— Sur l'évolution des Coléoptères aveugles et le peuplement des grottes dans les monts du Bihor, en Transylvanie ... 1670
JENNER. — Le directeur de l'Institut supérieur de vaccine de l'Académie de médecine adresse des invitations pour la commémoration du centième anniversaire de sa mort ... 157
— id. adresse des remercîments pour le témoignage de sympathie donné à l'occasion du centième anniversaire de sa mort ... 358
JÉRÉMINE (Mme E.). — Voir *Bigot* (*A.*) et Mme *E. Jérémine*.
JOB (P.). — Sur les ions complexes formés par les sels d'argent et l'éthylènediamine en solution aqueuse.. 442
— Sur les ions complexes formés par les sels d'argent et l'ammoniaque ou les ammoniaques substituées ... 1805
JOLEAUD (L.). — Sur les hippopotames subfossiles de Madagascar et sur les connexions géographiques récentes de la grande île avec le continent africain ... 117
JOLIBOIS (Pierre) et Pierre LEFEBVRE. — Sur la déshydratation du gypse ... 1317
— Sur la cuisson du plâtre et sa conservation à l'air humide ... 1476
JOLLY (J.). — Notice biographique sur *Louis Ranvier* (imp.) ... 430
— Adresse un rapport sur l'emploi de la subvention qui lui a été accordée sur la fondation Loutreuil en 1920. 1525
JOLY (Henry). — Observations stratigraphiques sur l'Oxfordien et le Lusitanien en certains points de la chaîne Celtibérique (Espagne).. 518
— Sur la constitution du Jurassique à Torrelapaja et Bordejo (chaîne Celtibérique, provinces de Saragosse et de Soria, Espagne) ... 700
— Sur quelques particularités du Bajo-

MM. Pages.

cien des environs de Montmédy (Meuse)........................ 845

JOUBIN (Louis). — Est délégué au VIIIe Congrès national des Pêches et Industries maritimes à Boulogne en septembre 1923......... 429

— Fait partie de la commission des prix d'anatomie et zoologie.......... 643

— id. du prix Lallemand............ 644

— id. du prix Serres................ 644

— Est désigné pour faire partie du Conseil de l'Office national des recherches scientifiques et industrielles et des inventions......... 723

— Présente un volume écrit en collaboration avec M. *Aug. Robin*, intitulé « Les animaux »............. 1036

— Les croisières de l'Office scientifique et technique des pêches en 1923... 1271

JOUY (Ernest). — Le Père François Jacquier et ses correspondants (imp.)........................ 1115

JOYCE (T.-A.). — Voir *Torday* (*E.*) et *T.-A. Joyce.*

JULIA (Gaston). — Sur les substitutions rationnelles à deux variables. 58

JUVET (G.). — Sur une généralisation du théorème de Jacobi.......... 486

— M. *J. Hadamard* fait hommage de son ouvrage, intitulé : « Introduction au calcul tensoriel et au calcul différentiel absolu »............ 641

K

KAO (Lou). — Le principe de la relativité. Première partie : Relativité restreinte (imp.)............ 821

KAREL (Kvapil). — Voir *Němec* (*Antonin*) et *Kvapil Karel.*

KARPINSKY (A.). — Exprime au nom de l'Académie des sciences de Russie les sentiments de vénération inspirés par Pasteur......... 273

KAYSER. — Assiste à une séance de l'Académie.................... 1513

KAYSER (E.). — Action de la levure sur le lactate de chaux; production d'alcool éthylique.......... 1662

KILIAN (Conrad). — De l'Immidir, feston de l'enceinte Tassilienne (Sahara central)................ 1240

— Des plissements propres aux schistes cristallins de l'Ahaggar; des Saharides........................ 1563

— Des plissements de « l'enceinte tassilienne » du Massif central saharien de l'Ahaggar.................. 1722

KILIAN (Wilfrid). — Fait partie de la commission des prix de minéralogie et géologie............. 643

KILIAN (W.) et F. BLANCHET. — Sur les Ammonites recueillies par le « *Pourquoi-Pas?* »........... 155

KILLIAN (Ch.). — Coefficients d'utilisation et vitesse de croissance chez les champignons........... 1828

KLING (André). — Les progrès de la chimie en 1920 (imp.)........... 55

KLINGSTEDT (F.-W.). — Spectres d'absorption ultraviolets de l'aniline et des toluidines............ 248

— Spectres d'absorption ultraviolets des crésols..................... 674

— Spectre d'absorption ultraviolet de la paraquinone................ 1550

— Voir *Castille* (*Armand*) et *F.-W. Klingstedt.*

KNOTT (Cargill G.). — Collected scientific papers of John Aitken (imp.)........................ 877

KNUD SAND. — Voir *Pézard* (*A.*), *Knud Sand* et *F. Caridroit.*

KŒNIGS (Gabriel). — Est élu membre de la commission chargée de présenter une liste de candidats à la place d'associé étranger vacante par le décès de M. *Schwendener*... 358

— Fait partie de la commission des prix de mécanique................. 642

— id. des prix de navigation......... 643

— id. du prix Estrade-Delcros........ 645

— id. du prix Saintour............... 645

— id. du prix Henry Wilde........... 645

— Est désigné pour faire partie du Conseil de l'Office national des recherches scientifiques et industrielles et des inventions......... 723

— Représentera l'Académie avec M. *Laubeuf*, au 75e anniversaire de la fondation de la Société des In-

MM. Pages.

génieurs civils.................. 1200
— Discours prononcé à l'inauguration du monument *Henry Bazin* (imp.). 1281
— Est délégué à l'inauguration de la statue de *Marc Seguin*........... 1864
KOGBETLIANTZ (Erwand). — Sur les moyennes doubles de Cesàro... 224
KOLLMANN (Max). — Voir *Trouessart (E.-L.)* et *Max Kollmann*.
KOPACZEWSKI (W.). — Théorie et pratique des colloïdes en biologie et en médecine (imp.)........... 1282
— La tension superficielle, le gonflement et la narcose.............. 1576
KURATOWSKI (C.). — Sur l'existence effective des fonctions représentables analytiquement de toute classe de Baire................ 229

L

LABBÉ (Alphonse). — Influence du P_H ascendant de l'eau de mer sur la rapidité de la segmentation des œufs d'*Halosydna* et de *Sabellaria*. 1423
— La genèse des nématocystes des Nudibranches................. 1508
— Les zones critiques de l'adaptation au milieu..................... 1665
LABORDE (Albert) — Voir *Bénard (Henri)* et *Albert Laborde*.
LACROIX (Alfred). — Annonce que le tome 170 (janvier-juin 1920) des « Comptes rendus » est en distribution au Secrétariat......... 273
— Est élu membre de la commission chargée de présenter une liste de candidats à la place d'associé étranger vacante par le décès de M. *Schwendener*................ 358
— Fait partie de la commission de la Maison de l'Institut de France de Londres.................. 552
— id. des prix de minéralogie et géologie......................... 643
— id. des médailles Arago, Lavoisier et Berthelot.................. 644
— id. des prix Gustave Roux, Thorlet, des fondations Lannelongue, Trémont, Gegner, Hirn, Henri Becquerel....................... 644
— id. du grand prix des sciences physiques........................ 644
— id. du prix Petit d'Ormoy des sciences naturelles.................. 645
— id. du prix Henri de Parville (ouvrages de sciences)............ 645
— id. du prix Lonchampt............ 645
— id. du prix Henry Wilde........... 645
— id. chargée de proposer une question pour le prix Bordin à décerner en 1925...................... 645
— Annonce le décès de M. *F. de Montessus de Ballore*, directeur du Service sismologique du Chili..... 794
— Est désigné pour faire partie de la commission de répartition des fonds du pari mutuel destinés aux œuvres de bienfaisance, en remplacement de M. *G. Lemoine*, décédé...................... 876
— Donne lecture d'une lettre de M. le Ministre des Colonies, relative à une île nouvellement apparue..... 969
— id. de M. le Ministre de la Marine relative au même sujet......... 1437
— Est délégué à la cérémonie religieuse du tricentenaire de la naissance de *Pascal*..................... 1779
LACROIX (Eugène). — Texture chitineuse fondamentale de la coquille des Foraminifères porcelanés..... 1673
LAFAY. — Sur l'emploi possible du microphone pour faciliter le vol à voile....................... 887
LAFFITTE (P.). — Sur la formation de l'onde explosive................ 1392
LAGRANGE (Félix). — Glaucome et Hypotonie (imp.).............. 645
— Traité des tumeurs de l'œil, de l'orbite et des annexes (imp.)........ 1282
LAGRANGE (René). — Sur les variétés à torsion totale nulle, de l'espace euclidien............... 562
— Sur les variétés sans torsion........ 1121
LAGRULA (J.-Ph). — Test de la rapidité réalisable dans les mesures équatoriales de petites planètes avec une lunette munie du comparateur photo-visuel de divers accessoires.................... 669

MM. Pages.
LAHY (J.-M.). — Étude graphique de la frappe des dactylographes..... 1412
LAINÉ. — Sur l'intégration des équations différentielles............ 1600
LALLEMAND (Charles). — Fait partie de la commission des prix de navigation.................. 643
— id. de géographie................ 643
— Fait hommage du rapport sur les travaux du Service du nivellement général de la France de 1912 à 1921 inclus qu'il a présenté à la Conférence de Rome en mai 1922...... 1863
LAMARE (Pierre). — Observations géologiques sur l'Yémen......... 956
LAMBERT (M.-S.). — Sur la stéréoradioscopie..................... 1384
LAMBTON (William). — M. *Le Ministre des affaires étrangères* transmet la traduction d'une lettre du colonel *Ryder* relative à son centenaire......................... 621
LANDRIEU (Ph.). — Voir *Moureu (Charles)*, *Charles Dufraisse* et *Ph. Landrieu.*
LANGEVIN (Paul). — Est présenté en troisième ligne pour la succession de M. *E. Bouty*................ 1681
LANQUINE (Antonin). — Voir *Bertrand (Léon)* et *Antonin Lanquine.*
LARDY (Guillaume C.). — Spectre d'absorption ultraviolet du diacétyle.......................... 1548
LARREY (Hippolyte). — M. Antoine Balland fait hommage de son portrait, par *G. Isabey*............. 723
LASSIEUR (Mme et M. A.). — Dosage de l'antimoine au moyen de l'acide phénylthiohydantoïque.......... 1221
LATTÈS (Mme J. Samuel). — Sur les conditions physiques qui accompagnent le phénomène de nécrose produit par les rayons du radium. 867
— Sur quelques valeurs numériques caractérisant les rayons du radium responsables du phénomènes de nécrose....................... 963
LAUBEUF (Maxime). — Fait partie de la commission des prix de navigation.......................... 643
— Discours sur l'évolution scientifique de la métallurgie (imp.).......... 552
— Discours sur l'évolution de la construction des navires de guerre et de commerce dans les trente dernières années (imp.)................... 820
— Est délégué à la célébration du 75e anniversiare de la Société des Ingénieurs civils, les 4, 5 et 6 mai 1923. 821
LAUBEUF (Max.) et STROH. — Sous-marins, torpilles et mines (imp.)... 820
LAUGIER (Henri). — Voir *Bourguignon (Georges)* et *Henri Laugier.*
— Voir *Cardot (Henri)* et *Henri Laugier.*
LAUNAY (Louis de). — Fait partie de la commission des prix de minéralogie et géologie.............. 643
— id. du prix Binoux d'histoire et philosophie des sciences............ 644
— Descartes (imp.)................... 1281
LA VALLÉE POUSSIN (C. de). — Sur les fonctions quasi-analytiques de variables réelles................ 635
LAVERAN (Alphonse). — Sa vie, son œuvre (imp.), par Mme *Marie Phisalix*....................... 483
LAVILLE (G.). — Sur la propagation d'ondes électromagnétiques, entretenues le long de deux fils parallèles. 573
— Propagations d'ondes entretenues le long d'une ligne de fer........... 986
LEBEAU (Paul). — Est présenté en troisième ligne pour la succession de M. *Georges Lemoine*.......... 618
LEBESGUE (Henri). — Fait partie de la commission des prix de mathématiques..................... 642
— Sur les singularités des fonctions harmoniques.............. 1097, 1270
LEBLANC (E.). — L'acérébellation expérimentale chez les Lézards... 1182
LÉCAILLON (Albert). — La tendance à l'albinisme chez les Hybrides de Canard Pilet mâle (*Dafila acuta* L.) et de Cane sauvage (*Anas boschas* L.)............................. 464
LECAT (Maurice). — Expression des déterminants les plus généraux d'une matrice en fonction des sections........................... 557
— *Errata* relatifs à cette communication........................... 792
— Généralisation et modifications d'un théorème de Frobenius sur un déterminant troué.............. 972
— *Errata* relatifs à cette communication........................... 1192
LE CHATELIER (François). — Voir

MM. Pages.

Portevin (Albert) et *François Le Chatelier.*

LE CHATELIER (Henry) fait hommage du « Traité d'analyse des substances minérales », par *Adolphe Carnot*, tome IV : « Métaux » (2e Partie) 54

— id. d'une brochure sur l'évolution scientifique de la métallurgie, par MM. *Max. Laubeuf* et *Léon Guillet* 552

— Fait partie de la commission des prix de chimie 643

— id. du grand prix des sciences physiques 644

— Est délégué au Jubilé de M. *Emanuele Paterno*, le 6 juin 1923, à l'Institut chimique de l'Université de Rome 1437

LECLAINCHE (Emmanuel). — Fait partie de la commission des prix d'économie rurale 643

— id. du prix Lonchampt 645

— Est délégué à l'inauguration du monument de *Saturnin Arloing*, le 6 mai 1923 972

LECLAINCHE (E.) et H. VALLÉE. — Sur la vaccination contre le charbon symptomatique par les toxines 207

LECOMTE (Henri). — Fait partie de la commission des prix de botanique 643

— id. du prix Montyon de statistique... 644

— Fait hommage de deux fascicules de la « Flore générale de l'Indo-Chine », publiée sous sa direction 1036

LECORNU (Léon). — Sur l'orbite de Mercure 204

— *Erratum* relatif à cette communication 340

— Fait partie de la commission des prix de mathématique 642

— id. des prix de mécaniques 642

— id. des prix de navigation 643

— id. du prix Petit d'Ormoy des sciences mathématiques 645

— Est désigné pour faire partie du Conseil de l'Office national des recherches scientifiques et industrielles et des inventions 723

— Sur la durée de révolution des planètes 795

— *Errata* relatifs à cette communication 932

MM. Pages.

— Est délégué à l'inauguration de la statue de *Marc Seguin* 1864

LEDERLIN (P.). — Blanchiment, teinture, impression, apprêt (imp.) 273

LEDRUS (René). — Sur l'augmentation de la dispersion dans les spectres photo-électriques des rayons X 383

LEDUC (Anatole). — Volumes moléculaires; applications (imp.) 224

— Sur une nouvelle amélioration de l'équation d'état des gaz 830

— Sur une nouvelle équation d'état des gaz 1132

— La boucle de J. Thomson et la nouvelle équation d'état des gaz 1456

— Est présenté en troisième ligne pour la succession de M. *E. Bouty* 1680

— Obtient un suffrage 1686

LEFEBVRE (Pierre). — Voir *Jolibois (Pierre)* et *Pierre Lefebvre.*

LEFSCHETZ (S.). — Sur les intégrales de seconde espèce des variétés algébriques 941

LEGENDRE (René) et Maurice NICLOUX. — Masque destiné à compléter, par des inhalations d'oxygène, les manœuvres de respiration artificielle 335

LÉGER (L.) et E. HESSE. — Sur un champignon du type *Ichtchyophonus* parasite de l'intestin de la Truite 420

LEHMANN (Otto). — Son remplacement 223

LEMAY (Pierre). — Voir *Maubert (Alfred)*, *Léon Jaloustre* et *Pierre Lemay.*

LEMOIGNE. — Production d'acide β oxybutyrique par certaines bactéries du groupe du *B. subtilis* 1761

LEMOINE (Georges). — Son remplacement dans la section de chimie .. 642

— Son remplacemnet à la commission de répartition des fonds du pari mutuel 876

— Discours prononcé à l'inauguration du monument *Henry Bazin* (imp.). 1281

LE MORVAN (C.). — Voir *Nordmann (Charles)* et *C. Le Morvan.*

LENOIR (Maurice). — Le matériel nucléolaire pendant de la télophase la cinèse somatique dans le nucelle chez *Fritillaria imperialis* L. 1648

MM. Pages.

LEPAGE. — Voir *Ollone (d')*, *de Fleurelle*, *Lepage*, *de Boyve*.

LEPAPE (Adolphe). — Sur la mesure quantitative de l'émanation du radium par le rayonnement α. Corrections dues à la pression et à la nature du mélange gazeux.... 1613

— Radioactivité des sources de quelques stations des Pyrénées (Bagnères-de-Luchon, Vernet, les Escaldes, Thués) et du Plateau Central (la Bourboule, Royat, Saint-Nectaire, Sail-les Bains)................... 1702

— Relations entre la radioactivité, la température et la sulfuration des sources de Bagnères-de-Luchon. Hypothèse explicative.......... 1908

— Voir *Broglie (M. de)* et *A. Lepape*.

LE PAULLE (Mlle de). — Sur le dosage de la potasse à l'état d'alun...... 105

LE ROUX (J.). — Sur le champ de gravitation........................ 1544

LESAGE (Pierre). — Sur la persistance des caractères provoqués par la salure................... 257

LESNE (Pierre). — Une station nouvelle du Termite lucifuge......... 1507

LESNÉ (Ed.), CHRISTOU et VAGLIANOS. — Passage dans le lait des vitamines C introduites par voie parentérale.................... 1006

LESNÉ (Ed.) et M. VAGLIANOS. — De l'utilisation par l'organisme des vitamines C introduites par voie parentérale................ 614

LESPIEAU (Robert). — Est présenté en troisième ligne pour la succession de M. *Georges Lemoine*...... 618

— Dinitrile β oxyglutarique

$CN.CH^2.CH\ OH.CH^2.CN$........ 754

— Quelques dérivés de la glycérine

$CH^2\ OH.CH\ OH.C \equiv C.CH^2\ OH$. 1068

LEVADITI (C.) et S. NICOLAU. — Filtration des ultravirus neurotropes à travers les membranes en collodion...................... 717

— Mode d'action du bismuth dans les trypanosomiases et les spirilloses.. 1189

— L'immunité tissulaire dans les ectodermoses neurotropes (neurovaccine)......................... 1768

LEVI-CIVITA (Tullio) fait hommage de ses « Leçons de Mécanique rationnelle » (Volume I) rédigées en collaboration avec M. *Ugo Amaldi*. 641

LÉVINE (Joseph). — L'hydrogène triatomique et les dépressions....... 705

LEVINSON (H.-C.). — Sur la gravitation einsteinienne des systèmes... 234

— Observations relatives à cette communication, par M. *Émile Picard*.. 236

— Sur le champ gravitationnel de *n* corps dans la théorie de la relativité......................... 981

LÉVY (Mlle J.). — Voir *Tiffeneau (M)*. et *Mlle J. Lévy*.

LÉVY (Paul). — Sur une application de la dérivée d'ordre non entier au calcul des probabilités........... 1118

— Sur les lois stables en calcul des probabilités...................... 1284

— Sur une opération fonctionnelle généralisant la dérivation d'ordre non entier......................... 1441

LIE (SOPHUS). — M. le Secrétaire perpétuel présente à l'Académie le tome III de ses œuvres......... 156

LIENHART (R.). — Voir *Cuénot (L.)*, *R. Lienhart* et *M. Mutel*.

LINDET (Léon). — Fait partie de la commission des prix de chimie.... 643

— id. d'économie rurale.............. 643

LINDET et P. NOTTIN. — Évolution des grains de fécule dans le tubercule de la pomme de terre........ 149

LINNÉ (Carl von). — Bref och skrifvelser (imp.).................... 222

LIOT (A.). — Voir *Goris (A.)* et *A. Liot*.

LIOUVILLE (R.). — Voir *Gossot (F.)* et *R. Liouville*.

LIPPMANN (Gabriel). — Son remplacement dans la Commission de la Maison de l'Institut de France à Londres..................... 552

LITARDIÈRE (R. de). — Remarques sur la fixation au liquide de Merkel et sur certaines structures nucléaires soi-disant provoquées par les fixateurs à base d'acide osmique. 1495

LOCQUIN (René) et Sung WOUSENG. — Sur l'hydratation des dialcoyléthinylcarbinols et la préparation de méthylcétones α hydroxylées.. 516

— Sur la préparation de diverses pinacones par action des organomagnésiens sur quelques méthylcé-

MM. Pages.
tones α hydroxylées 682
LODGE (Sir Oliver). — Assiste à une séance de l'Académie 1097
LOEWINSON-LESSING (F.). — Sur une relation entre les nombres atomiques et les poids atomiques des éléments chimiques 307
— Assiste à une séance de l'Académie .. 425
LONGCHAMBON (Henri). — Étude spectrale de la triboluminescence de quelques corps 691
LOPEZ-LOMBA (J.). — Modifications pondérales des organes chez le pigeon au cours de l'avitaminose B. 1417
— Modifications pondérales des organes chez le cobaye au cours de l'avitaminose C 1752
LOPEZ-LOMBA et Mme RANDOIN. — Production du scorbut chez le cobaye et le lapin jeune au moyen d'un nouveau régime, complet et biochimiquement équilibré, uniquement dépourvu de facteur C ... 1003
— Contribution à l'étude de l'avitaminose B chez le pigeon 1249
— Étude du scorbut produit par un régime complet et biochimiquement équilibré, uniquement dépourvu de facteur C 1573
LOVETT (E.-O.). — Sur certaines propriétés fonctionnelles des coniques et leurs généralisations 975
— *Erratum* relatif à cette communication 1680
LUBIMENKO (V.) et Mlle O. SZEGLOFF. — Sur l'adaptation des plantes à la durée de la période claire de la journée 1915
LUCAS (R.). — Pouvoirs rotatoires naturel et magnétique 81
— Voir *Haller (A.)* et *R. Lucas*.
LUMIÈRE (Auguste). — Théorie colloïdale de la biologie et de la pathologie (imp.) 157
— Sur la possibilité de réaliser la désinfection intestinale 540
— Sur la toxicité des autolysats et des extraits tissulaires 1415
LUMIÈRE (Auguste) et Henri COUTURIER. — Dépression barométriques et choc anaphylactique ... 1019
LUTHY (A.). — Spectre d'absorption ultraviolet du glyoxal 1547
LWOFF (André). — Sur la nutrition des infusoires 928
— Voir *Ephrussi (Boris)* et *André Lwoff*.

M

MADINHAC (Mme de). — Voir *Maurain (Ch.)* et *Mme de Madinhac*.
MAGNAN. — Voir *Huguenard, Magnan* et *A. Planiol*.
MAILHE (A.). — Sur la décomposition catalytique de l'huile de ricin 37
— Décomposition des formamides aryliques. Nouvelle préparation des urées substituées 689
— Nouvelle préparation des urées tétrasubstituées 903
— Décomposition des formamides des amines aliphatiques 1159
— Décomposition catalytique des anilides 1716
MAILLARD (Louis). — Quand la lumière fut.... Tome II: Les cosmogonies modernes (imp.) 1525
MAIRE (René). — Est élu correspondant pour la section de botanique en remplacement de M. *Battandier*, décédé 1590
— Adresse des remercîments à l'Académie 1779
MALAVAL. — Déformations permanentes à la traction et à la compression 488
— Observation de M. *Mesnager* au sujet de cette communication 490
— Sur l'écrouissage 731
MALLEMANN (R. de). — Détermination de la biréfringence électromagnétique des liquides actifs 380
MANDELBROJT. — Sur les séries de Taylor qui ont des lacunes 728
— *Erratum* relatif à cette communication 872
— Sur les séries de Taylor qui ont des lacunes 978
MANGENOT (G.). — Sur l'amidon des Algues Floridées 183
— Voir *Policard (A.)* et *G. Mangenot*.

MM. Pages.
MANGIN (Louis). — Fait partie de la commission des prix de botanique. 643
— id. des prix de physiologie 644
— id. du fonds Charles Bouchard 644
— id. du prix Petit d'Ormoy des sciences naturelles 645
— id. du prix Lonchampt 645
MAQUENNE (Léon). — A propos d'une communication récente de MM. P.-A. Dangeard et Pierre Dangeard .. 205
— Fait partie de la commission des prix de chimie 643
— id. des prix d'économie rurale 643
— id. du prix Lonchampt 645
— Sur l'hydrolyse du maltose par l'extrait de malt 804
MARACINEANU (Mlle St.). — Recherches sur la constante du polonium 1879
MARCELIN (A.). — Fluides superficiels. Extention illimitée de l'acide oléique 502
MARCHAL (Mlle G.). — Sur la dissociation du sulfate d'argent 299
MARCHAL (Paul). — Fait partie de la commission des prix d'économie rurale 643
— id. des prix d'anatomie et zoologie .. 643
— id. du prix Lallemand 644
— id. du prix Serres 644
MARCOTTE (Ed.) et E. BÉRÉHARE. — Les matériaux des construction mécaniques et aéronautiques. Calculs de résistance. Étude des matières premières. Essais des bois. Essais des métaux et de leurs alliages (imp.) 724
MARGERIE (Emmanuel de). — Est élu correspondant pour la section de minéralogie, en remplacement de M. *Œhlert*, décédé 157
— Mémoires pour servir à l'explication de la carte géologique détaillée de la France. Le Jura, 1re Partie (imp.) 358
MARGOULIS (W.). — Sur la théorie générale de la représentation des équations au moyen d'éléments mobiles 824
MARIE (Ch.). — Tables annuelles de constantes et données numériques de chimie, de physique et de technologie (imp.) 1113
MARINESCO (G.). — Ferments oxydants et thermogenèse 131
MARMOTTAN (Paul). — Abraham-Louis Breguet (imp.) 972
MARTIN (Louis). — L'atmolyse et ses applications (imp.) 821
MARTONNE (Emmanuel de). — Sur le delta pliocène du Var et les niveaux d'érosion des vallées y débouchant. 41
MARX (Alfred) et Jean ROZIÈRES. — Purification des liquides par l'action simultanée de la force centrifuge et du champ électrique 1396
MASCART (Jean). — Quantité de chaleur reçue par la terre au cours des saisons 123
MASSON (P.) et Louis BERGER. — Sur un nouveau mode de sécrétion interne : La neurocrinie 1748
MATHIAS (E.), C.-A. CROMMELIN et H. KAMERLINGH ONNES. — La chaleur de vaporisation et la différence des chaleurs spécifiques à l'état de saturation pour le néon. 939
MATIGNON (Camille). — Est présenté en troisième ligne pour la succession de M. *Georges Lemoine*. 618
— Obtient des suffrages 642
MAUBERT (Alfred), Léon JALOUSTRE et Pierre LEMAY. — Influence du thorium X sur la catalase du foie 1502
MAUGUIN (Ch.). — Réflexion des rayons de Röntgen sur certains plans réticulaires remarquables de la calcite 1331
— L'arrangement des atomes dans les cristaux de cinabre 1483
MAURAIN (Ch.). — Mesures magnétiques en Bretagne 847
— Annales de l'Institut de physique du globe de l'Université de Paris et du Bureau central du magnétisme terrestre (imp.) 1361
MAURAIN (Ch.) et Mme de MADINHAC. — Variation séculaire de l'intensité du champ magnétique terrestre à Paris 1726
MAURIN (E.). — Voir *Averseng (J.-P.)*, *L. Jaloustre* et *E. Maurin*.
MAYET (L.). — Voir *Depéret (C.)* et *L. Mayet*.
MEIDELL (Birger). — Sur la probabilité des erreurs 280
MÉNARD (Maxime). — Dix cas de

MM. Pages.

grossesse après traitement des fibromes de l'utérus par les rayons X..................... 1844
MÉNARD (MAXIME) et SAIDMAN. — De l'action des rayons ultra violets sur les plaies superficielles.... 1677
MENDES-CORRÊA (A. A.). — Sur les proportions des membres chez les Portugais..................... 709
MENGEL (OCTAVE). — Nouveaux aperçus de sismotectonique découlant des tremblements de terre ressentis d'août à décembre 1922 dans la partie orientale des Pyrénées..... 111
MENGES (CHARLES). — Adresse une note « Sur le coefficient de Fresnel »........................ 720
MERCIER (FERNAND). — Voir *Chevallier (J.)* et *Fernand Mercier.*
MERCIER (L.). — Voir *Cuénot (L.)* et *L. Mercier.*
MERCIER (L.) et R. POISSON. — Un cas de parasitisme accidentel d'une Nèpe par un Infusoire........... 1838
MESNAGER (AUGUSTIN). — Fait hommage d'un volume sur les pierres.. 482
— Observations à propos d'une note de M. Malaval.................... 490
— Fait partie de la commission des prix de mécanique.................. 642
— id. de navigation................ 643
— Observations sur une communication de M. Vladimir de Belaevsky..... 1050
— *Erratum* relatif à ces observations. 1192
— Observations au sujet d'une communication de M. Sudria.......... 1271
— Plaque mince indéfinie uniformément chargée, portée par des points régulièrement espacés.......... 1773
MESNIL (FÉLIX). — Fait hommage du livre publié par l'Institut Pasteur à l'occasion du 100e anniversaire de la naissance de *Pasteur*....... 54
— Est élu membre de la commission chargée de présenter une liste de candidats à la place d'associé étranger vacante par le décès de M. *Schwendener*................ 358
— Fait partie de la commission des prix d'anatomie et zoologie.......... 643
— id. des prix de médecine et chirurgie. 644
— id. du fonds Charles Bouchard...... 644
— id. du prix Lallemand............. 644
— id. du prix Serres................ 644

MM. Pages.

MEUNIER (J.). — Voir *Desgrez (A.)* et *J. Meunier.*
MICHAUD (FÉLIX). — Déformations des gelées par l'action d'un courant électrique...................... 1217
MICHEL (PAUL). — Voir *Mouriquand (Georges)* et *Paul Michel.*
MILLOT (STANISLAS). — Sur la probabilité *a posteriori*.............. 30
— *Errata* relatifs à cette communication.......................... 272
— Sur un critérium de la valeur probante de certaines expériences.... 564
— Sur la probabilité d'existence des lois biologiques..................... 1126
— Solutions simplifiées de problèmes de Laplace sur la probabilité des causes........................ 1695
MILLOUX (HENRI). — Sur la croissance des fonctions entières d'ordre fini, et leurs valeurs exceptionnelles dans des angles........... 653
— Sur les suites infinies de fonctions méromorphes à valeur asymptotique.......................... 1533
MILON (Y.). — Sur la faune et l'âge du calcaire carbonifère de Saint-Ségal (Finistère)..................... 591
MINISTRE DES AFFAIRES ÉTRANGÈRES. — Transmet la traduction d'une lettre du colonel Ryder relative au centenaire de la mort du colonel *Lambton*, qui fut correspondant de l'Académie............. 621
MINISTRE DES COLONIES. — Adresse des renseignements au sujet d'un tremblement de terre qui a eu lieu sur les côtes du Chili........... 723
— id. au sujet d'une île nouvellement apparue........................ 969
MINISTRE DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE ET DES BEAUX-ARTS. — Invite l'Académie à élire quatorze membres du Conseil national de l'Office national des recherches scientifiques et industrielles et des inventions......... 553
— Adresse ampliation du décret qui porte approbation de l'élection de M. *Louis Gentil*................ 621
— id. de M. *Waldemar Christofer Brögger*........................... 621
— id. de M. *Gabriel Bertrand*.......... 721
— id. de M. *Jules Bordet*............. 873

MM. Pages.
— id. de M. *Marin Molliard* 1433
— id. de M. *Jean Perrin* 1773
— Invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats au poste de directeur de l'Observatoire de Marseille, vacant par le décès de M. *H. Bourget* 1525
— id. à la chaire de *physiologie des sensations* du collège de France 1780
MINISTRE DE LA MARINE. — Adresse une communication de M. *Pelissier* relative à la formation d'une île volcanique nouvelle 1437
MIRANDE (MARCEL). — Sur des organites élaborateurs particuliers (stérinoplastes) de l'épiderme des écailles de bulbes de lis blanc 327
— Sur la nature protéolipoïdique des stérinoplastes du lis blanc 596
— Sur la nature de la sécrétion des stérinoplastes du lis blanc 769
MISK (ÉMILE). — L'étain dans l'organisme humain 138
MITRA (S. K.). — Sur la désaimantation du fer par des oscillations électromagnétiques 1214
— Voir *Gutton (C.), S. K. Mitra et V. Ylöstalo* ....
MOLLIARD (MARIN). — Pose sa candidature à la place vacante, dans la section de botanique, par le décès de M. *G. Bonnier* 1037
— Est présenté en première ligne 1267
— Est élu 1281
— Son élection est approuvée 1433
— Sur le déterminisme de la formation des conidies chez le *Sterigmatocystis nigra* 1857
MONDAIN-MONVAL (PAUL). — Sur la loi de dissolution 301
— Sur les variations des chaleurs de dissolution avec la température ... 889
— Points eutectiques dans les solutions salines 1313
MONFRAIX (PAUL). — Voir *Béghin (Henri) et Paul Monfraix.*
MONTEL (PAUL). — Sur les relations algébriques de genre un ou zéro ... 1687
MONTESSUS DE BALLORE (FERNAND DE). — Obtient des suffrages au scrutin pour l'élection d'un correspondant pour la section de minéralogie 157, 223
— Sa mort est annoncée à l'Académie .. 794

MM. Pages.
MONTESSUS DE BALLORE (R. DE). — Sur la prévision méthodique du temps 1640
— Sur la prévision locale du temps 1913
MONVOISIN (A.). — La conservation par le froid des denrées périssables (imp.) 1525
MOORE (CHARLES N.). — Sur les séries de Fourier généralisées des fonctions non intégrables 1536
— Sur la sommabilité de Cesàro pour la série double de Fourier 1691
MORAND (MAX). — Sur certaines conséquences électromagnétiques du principe de relativité 1211
— Origine électromagnétique de la masse inerte et de la masse pesante 1373
— Sur le rayonnement électromagnétique de particules électrisées 1793
MORDOUKHAY-BOLTOVSKOY. — Sur le logarithme d'un nombre algébrique 724
— Observations de M. *Hadamard* à propos de cette communication ... 726
MORET (LÉON). — Les faciès à spongiaires du Sénonien du bassin du Beausset et leurs conditions de gisement 1237
MOREUX (TH.). — Sur la cause probable de la lueur antisolaire 364
MOUREU (CHARLES). — Fait partie de la commission des prix de chimie. 643
— id. du prix Henri de Parville (ouvrages de sciences) 645
— Est désigné pour faire partie du Conseil de l'Office national des recherches scientifiques et industrielles et des inventions 723
— Présente le volume IV des « Tables annuelles de constantes et données numériques de physique, de chimie et de technologie », offert au nom de MM. *G. Fabry, G. Urbain* et *C. Marie* 1113
MOUREU (CHARLES) et CHARLES DUFRAISSE. — Sur l'autoxydation: essai sur le mécanisme de l'action antioxygène (V) 624
— Autoxydation et action antioxygène. Propriétés catalytiques de l'iode et de ses composés. Cas de l'acroléine (VI) 797
MOUREU (CHARLES), CHARLES DUFRAISSE et PH. LANDRIEU. —

MM. Pages.
Principe d'une méthode générale pour déterminer la capacité calorifique des solides et des liquides. Application à la détermination de la valeur en eau des bombes calorimétriques ... 1513
MOURIQUAND (Georges) et Paul MICHEL. — Sur les conditions expérimentales d'action de l'huile de foie de morue. Son pouvoir ostéodystrophique en présence d'un régime déficient ... 338
— Sur quelques facteurs ostéodystrophiques et leur action suivant les espèces animales ... 1655
MUTEL (M.). — Voir *Cuénot (L.)*, *R. Lienhart* et *M. Mutel*.
MYLLER (A.). — Les systèmes de courbes sur une surface et le parallélisme de M. Levi-Civita ... 483

N

NABOT (Mlle Y.). — Voir *Boutaric (A.)* et *Mlle Y. Nabot*.
NÈGRE (L.). — Voir *Calmette (A.)*, *A. Boquet* et *L. Nègre*.
NĚMEC (Antonin) et Kvapil KAREL. — Étude biochimique des sols forestiers ... 260
NICLOUX (Maurice). — Voir *Legendre (René)* et *Maurice Nicloux*.
NICOLAS (E. et G.). — L'influence de l'hexaméthylène tétramine et de l'aldéhyde formique sur la morphologie interne et sur le chimisme du haricot ... 404
NICOLAU (S.). — Voir *Levaditi (C.)* et *S. Nicolau*.
NICOLAU (S.) et C. LEVADITI. — Inoculation du virus herpétique aux organes génitaux. Transmission de l'infection herpéto-encéphalitique par contact sexuel ... 146
NICOLLE (Charles), Et. BURNET et E. CONSEIL. — Le microbe de l'avortement épizootique se distingue de celui de la fièvre méditerranéenne par l'absence de pouvoir pathogène pour l'homme ... 1034
NOAILLON (P.). — Fonction harmonique dont le gradient s'annule à l'infini ... 879
— Circulation superficielle ... 1057
— Remarque de M. *Hadamard* sur cette communication ... 1059
NODON (Albert). — Relations entre la radioactivité du radium et l'activité des radiations solaires ... 1705
NORDMANN (Charles). — Le royaume des cieux. Un peu du secret des étoiles (imp.) ... 1282
NORDMANN (Charles) et C. LE MORVAN. — Observations des Pléiades au photomètre hétérochrome de l'Observatoire de Paris et sur une méthode nouvelle pouvant permettre de déterminer par la photométrie les parallaxes stellaires ... 1054
NOTTIN (P.). — Voir *Lindet* et *P. Nottin*.
NOYES (Albert Jr.) — La décomposition photochimique des corps solides ... 1468
NUYENS (Maurice). — Champ gravifique dû à une sphère massique, en tenant compte de la constante cosmique ... 1376

O

OBATON (Fernand). — Recherches expérimentales sur le rougissement des cerises ... 1824
OBERTHUR (Charles). — Études de lépidoptérologie comparée Fasc. XX (imp.) ... 1591
OCAGNE (Maurice d'). — Remarques sur les normalies des quadriques à centre le long de leurs lignes de courbure ... 1032
— Sur les équations à quatre variables représentables à la fois par simple et par double alignement ... 1273
— Discours prononcé à l'inauguration du monument *Henry Bazin* (imp.) . 1281
— Délégué aux fêtes du tricentenaire de

MM. Pages.

la naissance de *Pascal*, à Clermont-Ferrand 1590
— Est délégué à la cérémonie religieuse du troisième centenaire de la naissance de *Pascal* 1779
ŒHLERT (Daniel-Pauline). — Son remplacement 157
ŒHMICHEN (Étienne). — Sur les vols effectués à Valentigney (Doubs), le 28 avril et le 1[er] mai 1923, à bord de l'hélicoptère « Œhmichen-Peugeot n° 2 » 1791
OLLIVIER (H.). — Cours de physique générale. Tome III, 2[e] édition (imp.) 1686
OLLONE (d'), de FLEURELLE, LEPAGE, de BOYVE. — Mission d'Ollone (1906-1909). Langues des peuples non chinois de la Chine (imp.) 1591
OLUFSEN. — Assiste à une séance de l'Académie 1513
ONNES (H. Kamerlingh). — Voir *Mathias (E.), C. A. Crommelin* et *H. Kamerlingh Onnes.*
ORCEL (J.). — Les prochlorites des roches à corindon 1231
OSBORN. — Obtient un suffrage au scrutin pour l'élection d'un correspondant pour la section de minéralogie 723
OULIANOFF (Nicolas). — Voir *Corbin (Paul)* et *Nicolas Oulianoff.*

P

PAINLEVÉ (Paul). — Fait partie de la commission des prix de mathématiques 642
— id. du prix Petit d'Ormoy des sciences mathématiques 645
— Est désigné pour faire partie du Conseil de l'Office national des recherches scientifiques et industrielles et des inventions 723
— Est délégué à l'inauguration de l'exposition que l'Aéro Club de France organise pour fêter le centenaire du physicien *Charles* 1115
— id. aux fêtes du tricentenaire de la naissance de *Pascal* à Clermont-Ferrand 1590
PALFRAY (L.). — Voir *Haller (A.)* et *L. Palfray.*
PARISELLE. — Sur un nouveau mode opératoire pour la préparation du camphène 1901
PASCAL (Blaise). — M. *Émile Picard* est délégué aux fêtes de son tricentenaire, à Clermont-Ferrand, le 8 juillet 1923 821
— MM. *Painlevé* et *d'Ocagne* lui sont adjoints 1590
— MM. les *Membres du Bureau* et M. *Maurice d'Ocagne* sont délégués à la cérémonie religieuse du tricentenaire de sa naissance 1779
PASCAL (Paul). — Préparation à basse température du métaphosphate de sodium 1398
— Recherches sur la constitution des métaphosphates alcalins insolubles 1712
— Propriétés magnétiques des dérivés cyaniques et cyanuriques 1887
PASCAL (Paul) et GARNIER. — Sur deux combinaisons définies du peroxyde et du camphre 450
PASQUIER (Ernest). — Sur une expression simple de l'accélération de Mercure dans le cas du problème des deux corps, avec prise en considération du mouvement du périhélie de la planète 498
PASTEUR (Louis). — L'Académie des sciences de Lisbonne adresse un télégramme à l'occasion de son centenaire 26
— Œuvres (imp.) 26
— Livre publié par l'Institut Pasteur à l'occasion de son centenaire 54
— M. *A. Karpinsky* exprime, au nom de l'Académie des sciences de Russie, des sentiments de vénération, à l'occasion de son centenaire 273
— MM. *E.-L. Bouvier* et *H. de Chardonnet* sont délégués aux fêtes de son centenaire 1282
— M. *H. du Chardonnet* est délégué à

MM Pages.
la cérémonie qui aura lieu, le 10 juin, à Marnes-la-Coquette, à l'occasion de son centenaire...... 1437
— *L'Institut royal vénitien des sciences, des lettres et des arts* adresse son hommage respectueux à l'occasion de son centenaire.............. 1437
PASTUREAU et H. BERNARD. — Sur la tétraméthylglycérine...... 1400
PATERNÔ DI SESSA (EMANUELE). — Obtient des suffrages au scrutin pour l'élection d'un associé étranger.......................... 483
— Obtient un suffrage au scrutin pour l'élection d'un associé étranger.... 723
— Est élu associé étranger, en remplacement de S. A. S. le prince *Albert de Monaco*, décédé.............. 821
— Adresse des remercîments à l'Académie......................... 972
— M. *H. Le Chatelier* est délégué à son Jubilé, à l'Institut chimique de l'Université de Rome, le 6 juin 1923.......................... 1437
— Son remplacement comme correspondant......................... 1590
PÉCHEUX (HECTOR). — Du magnétisme du nickel.................. 1134
— *Errata* relatifs à cette communication......................... 1580
— Du magnétisme des aciers.......... 1387
— *Errata* relatifs à cette communication.......................... 1580
PECZALSKI (THADÉE). — Relation entre le module d'Young et le rapport de la densité à la masse atomique......................... 500
PÉLABON (H.). — Sur le pouvoir thermo-électrique des alliages....... 1305
PÉLISSIER. — Rapport sur une île volcanique nouvelle au sud de Poulo-Cécir de Mer............ 1437
PELLEGRIN (JACQUES). — Étude sur les poissons rapportés par Henri Gadeau de Kerville de son voyage zoologique en Syrie (imp.)....... 724
— Nouvelle contribution à la faune ichtyologique des eaux douces du Maroc.......................... 787
— Voyage zoologique d'Henri Gadeau de Kerville en Syrie. Tome IV : Poissons (imp.).............. 1591
PÉRARD (ALBERT). — Étude de quelques radiations du néon en

MM. Pages.
vue de leurs applications à la métrologie...................... 375
— Étude de quelques radiations du mercure et du krypton, en vue de leurs applications à la métrologie.......................... 1060
PEREZ (CH.). — Travaux de la station biologique de Roscoff (imp.)...... 1361
— Sur la mue des Crustacés Décapodes parasités par des Épicarides..... 1763
— Sur la castration des Crustacés Décapodes parasités par des Épicarides. 1934
PÉRIN (J.). — Voir *Darmois (E.)* et *J. Périn.*
PERRAKIS (NICOLAS). — Contribution à l'étude cryoscopique des mélanges binaires organiques..... 1137
PERRET (ROBERT). — Carte de la vallée de Sales et du cirque des Fonts (Alpes calcaires du Faucigny) et notice (imp.)............ 553
PERRIAUX (L.). — Voir *Chaput (E.)* et *L. Perriaux.*
PERRIER (GEORGES). — Est présenté en seconde ligne pour la succession de M. *Louis Favé*............... 542
— Obtient des suffrages.............. 552
PERRIN (ÉDOUARD). — Est présenté en seconde ligne pour la succession de M. *Louis Favé*........... 542
— Obtient un suffrage............... 552
PERRIN (JEAN). — Les isotopes, par A. Damiens. Préface (imp.)...... 1591
— Est présenté en première ligne pour la succession de M. *E. Bouty*...... 1680
— Est élu.......................... 1686
— Son élection est approuvée......... 1773
PETOT (A.). — Sur le mode de fonctionnement des freins d'automobile... 1788
PÉZARD (A.), KNUD SAND et F. CARIDROIT. — Production expérimentale du gynandromorphisme biparti chez les oiseaux.......... 615
PFEIFFER (G. V.). — Une méthode spéciale d'intégration des équations aux dérivées partielles du premier ordre................. 62
PHILIPS (CH.). — Voir *Copaux (H.)* et *Ch. Philips.*
PHISALIX (Mme MARIE). — Alphonse Laveran, sa vie, son œuvre (imp.). 483
PIAUX (LÉON). — Voir *Simon (L.-J.)* et *Léon Piaux.*
PICARD (ÉMILE). — Observations à

MM. Pages.

l'occasion d'une communication de M. H.-C. Levinson 236
— Est élu membre de la commission chargée de présenter une liste de candidats à la place d'associé étranger vacante par le décès de M. *Schwendener* 358
— Est délégué pour représenter l'Académie à la Commission des beaux-arts de l'Institut 358
— Fait partie de la Commission de la Maison de l'Institut de France de Londres 552
— Fait partie de la commisssion des prix de mathématiques 642
— id. des prix de mécanique 642
— id. des prix d'astronomie 643
— id. des prix de navigation 643
— id. des prix de physique 643
— id. du prix Montyon de statistique ... 644
— id. du prix Binoux d'histoire et philosophie des sciences 644
— id. des médailles Arago, Lavoisier et Berthelot 644
— id. des prix Gustave Roux, Thorlet, des fondations Lannelongue, Trémont, Gegner, Hirn, Henri Becquerel 644
— id. du prix Petit d'Ormoy des sciences mathématiques 645
— id. du prix Estrade-Delcros 645
— id. du prix Saintour 645
— id. du prix Henri de Parville (ouvrages de sciences) 645
— id. du prix Henry Wilde 645
— Est désigné pour faire partie du Conseil de l'Office national des recherches scientifiques et industrielles et des inventions 723
— Est délégué aux fêtes du tricentenaire de *Pascal* qui seront célébrées, à Clermont-Ferrand, le 8 juillet 1923. 821
— Deux théorèmes élémentaires sur les singularités des fonctions harmoniques 933
— Sur les singularités des fonctions harmoniques 1025
— Est délégué à la cérémonie religieuse du tricentenaire de la naissance de *Pascal* 1779
— id. à l'inauguration de la statue de *Marc Seguin* 1864
PICHARD (MARCEL). — Méthode d'analyse du beurre de cacao et de ses mélanges avec les beurres végétaux 1224
PIÉRON (HENRI). — Du retard réductible de franchissement des synapses dans la propagation de l'excitation lumineuse de la rétine à l'écorce cérébrale 711
— Le cerveau et la pensée (imp.) 1591
PIETTRE (MAURICE). — Recherche, au moyen de la pyridine, des matières humiques et des matières grasses du sol 1329
PIKETTY (PAUL). — Sur l'écrouissage par étirage 282
PITARD (C.-J.). — Flore générale de l'Indo-Chine. Tome III, fasc. 1 : Rubiacées (imp.) 1036
PIVETEAU (JEAN). — Sur la morphologie de l'arc scapulaire des reptiles permiens de Madagascar 592
PLANIOL (ANDRÉ). — Influence de la vitesse et de la température sur les pertes par frottements dans les moteurs à explosions 1044
— Voir *Huguenard, Magnan* et *A. Planiol.*
POISSON (R.). — Voir *Mercier (L.)* et *R. Poisson.*
POIVILLIERS (G.). — Sur un procédé de représentation stéréoscopique des surfaces topographiques 237
POLACK (A.). — Le déterminisme physiologique du réflexe accommodatif de l'œil 407
— Compensation accommodative du chromatisme de l'œil. Insuffisance de la théorie de d'Alembert 859
POLICARD (A.). — La minéralisation des coupes histologiques par calcination et son intérêt comme méthode histochimique générale .. 1012
— Détection histochimique du fer total dans les tissus par la méthode de l'incinération 1187
POLICARD (A.) et G. MANGENOT. — Recherches cytologiques sur l'état de l'huile dans les graines oléagineuses. La graine mûre 1841
POLONOVSKY (MAX et MICHEL). — Sur l'éthésérolène 1480
— Diiodométhylates dans la série de l'ésérine 1813
— Sur la constitution de l'ésérine 1896

MM. Pages.

PONTIER (G.). — Sur la présence de l'*Elephas planifrons* Falconer, dans le Crag rouge (Pliocène supérieur d'Angleterre) 320
POPE (Sir WILLIAM). — Obtient des suffrages au scrutin pour l'élection d'un correspondant pour la section de chimie 1590
POPOFF (KYRILLE). — Sur le pendule de longueur variable 655
POPOFF (METHODI). — Sur le système respiratoire des plantes 594
PORTEVIN (ALBERT). — Variations de capacité accompagnant les traitements thermiques des corps creux en acier 897
PORTEVIN (A.) et P. CHEVENARD. — Étude dilatométrique des alliages d'aluminium avec le magnésium et le silicium 296
PORTEVIN (ALBERT) et FRANÇOIS LE CHATELIER. — Sur un phénomène observé lors de l'essai de traction d'alliages en cours de transformation 507
— *Erratum* relatif à cette communication 620
PORTIER (P.). — Voir *Duval* (*Marcel*) et *P. Portier.*
POUSSON (A.) et E. DESNOS. — Encyclopédie française d'urologie (imp.) 157
PRIKELMAIER (DJ.). — Voir *Vlès* (*Fred*), Mlle *G. Achard* et M. *Dj. Prikelmaier*...................
PROCOPIU (ST.). — Sur les spectres d'arc des métaux, dans divers milieux et dans le vide 385
— *Errata* relatifs à cette communication 792
— Sur l'aspect des raies de flamme, d'arc et d'étincelle dans les spectres d'arc des métaux, dans le vide 504
PROST (C.). — Voir *Brenans* et *C. Prost.*
PUISEUX (PIERRE). — Fait partie de la commission des prix d'astronomie......................... 643
PUYMALY (A. de). — Nouveau mode de division cellulaire chez les Conjuguées unicellulaires (Desmidiacées *sensu lat.*) 186
— Adaptation à la vie aérienne d'une Algue verte du groupe des Volvocales (*Chlamydomonas fungicola* n. sp.) 1739

Q

QUÉNU (ÉDOUARD). — Fait partie de la commission du fonds Charles Bouchard 644
— id. des prix de physiologie 644
— id. des prix de médecine et chirurgie. 644

R

RABINOVITCH (S.). — Sur la géométrisation des forces électromagnétiques 1294
RAMART (Mme PAULINE). — Sur une transposition moléculaire dans la série du pseudobuthyldiphénylcarbinol 684
RAMART (Mme PAULINE) et M. J. BLONDEAU. — Transpositions moléculaires accompagnant la déshydratation des alcools primaires phényléthyliques-α-disubstitués .. 1320
RAMON (G.). — Dissociation du complexe toxine-antitoxine diphtérique et récupération d'antitoxine. 267
RAMON CAJAL (SANTIAGO). — Obtient nn suffrage auscrutin pour l'élection d'un associé étranger... 821
RANDOIN (Mme). — Voir *Lopez-Lomba* (*J.*) et Mme *Randoin.*
RANVIER (LOUIS). — Notice biographique par M. *J. Jolly* (imp.) 430
RASPAL (F.). — Mesures de température dans un sondage de 1700^m de

MM. Pages.
profondeur près de Molières (Gard). 317
RATEAU (AUGUSTE). — Note à propos d'une communication de M. *Dumanois* ... 493
— Fait partie de la commission des prix de navigation ... 643
— Est désigné pour faire partie du Conseil de l'Office national des recherches scientifiques et industrielles et des inventions ... 723
RATHERY (F.). — Voir *Desgrez (A.), H. Bierry* et *F. Rathery*.
REBOUL (G.). — Sur l'opacité acoustique des mers de nuages : application à la détermination rapide de l'épaisseur d'une couche nuageuse ... 1646
REBOUL (G.) et P. BLOT. — Sur les différents aspects de la décharge électrique dans les cristaux ... 86
RÉMOUNDOS (GEORGES J.). — Sur l'itération des fonctions multiformes ... 274
RIABOUCHINSKI (D.). — Sur le paradoxe de d'Alembert ... 1128
RICHET (CHARLES). — Fait partie de la commission des prix de médecine et chirurgie ... 644
— id. des prix de physiologie ... 644
— id. du fonds Charles Bouchard ... 644
— id. du prix Lallemand ... 644
— id. du prix Serres ... 644
— id. du prix Lonchampt ... 645
— La rate, organe utile, non nécessaire. 1026
— Est délégué à la célébration du 75e anniversaire de la Société de biologie ... 1114
— Présente un livre intitulé : « Le savant » ... 1360
— Présente le fascicule 29 de son « Dictionnaire de Physiologie » ... 1360
— Rôle de la rate dans la nutrition ... 1581
RICHET (CHARLES), L. GARRELON et D. SANTENOISE. — Le réflexe laryngo-cardiaque ... 347
RIOU (PAUL). — Sur la vitesse d'absorption de l'acide carbonique par les solutions ammoniacales ... 581
RITT (J. F.). — Sur les fonctions rationnelles permutables ... 60
RIVIÈRE (J.). — Sur la variation de température nocturne par ciel serein ... 1643
ROBIN (AUG.). — Histoire naturelle illustrée. Les animaux : Les vertébrés (imp.) ... 1036
ROCHE (A.) et V. THOMAS. — Recherches sur le sulfure de picryle. Étude du binaire : tolite-sulfure de picryle ... 586
ROMIEU (MARC). — Etude histologique du testicule d'un plectognathe, l'*Orthagoriscus mola* Schn. 714
— Contribution à l'histologie comparée du muscle strié ... 864
ROSE (M.). — Voir *Dragoiu (J.), F. Vlès* et *M. Rose*.
— Voir *Vlès (F.), J. Dragoiu* et *M. Rose*.
ROSE (M.), J. DRAGOIU et F. VLÈS. — Sur la réversibilité des phénomènes d'arrêt par abaissement du P_H dans l'évolution des œufs d'Oursin ... 531
ROSSIGNOL (J.). — Recherches sur la phosphorescence cathodique du rubis ... 1459
ROTHÉ (E.). — Comptes rendus des séances de la première conférence de la section de sismologie de l'Union géodésique et géophysique du Conseil international de recherches tenue à Rome, en mai 1922 (imp.) ... 724
ROUCH (J.). — Manuel d'océanographie physique (imp.) ... 26
ROUDAIRE-MIÉGEVILLE (J.). — Sur la détermination grapho-mécanique des systèmes de solutions réelles ou imaginaires des équations algébriques ... 359
ROULE (LOUIS). — Sur les particularités du bassin du Rhône quant à sa faune ichthyologique ... 1350
ROUSSILHE (H.). — Reconstitution foncière et cadastre. Rapport sur les expériences de levés de plans aux grandes échelles avec emploi de la photographie aérienne exécutées en 1921 et 1922 sur le territoire de Vignemont (imp.) ... 1361
ROUX (ÉMILE). — Fait hommage du tome I (Dissymétrie moléculaire) et du tome II (Fermentations et générations dites « spontanées ») des œuvres de *Pasteur*, réunies par M. *Pasteur Vallery-Radot* ... 26
— Fait partie de la commission des prix d'économie rurale ... 643

MM. Pages.
— id. des prix de médecine et chirurgie........................ 644
— id. des prix de physiologie......... 644
— id. du fonds Charles Bouchard...... 644
— id. du prix Petit d'Ormoy des sciences naturelles........................ 645
— id. du prix Lonchampt............ 645
— id. chargée de proposer une question pour le prix Bordin à décerner en 1925........................ 645
ROUYER (E.). — Voir *Bourion (F.)* et *E. Rouyer.*
ROY (Louis). — Sur le théorème de la moindre contrainte de Gauss..... 1206
— L'électrodynamique des milieux isotropes en repos d'après Helmholtz et Duhem (imp.)........... 1282
— Obtient des suffrages au scrutin pour l'élection d'un correspondant pour la section de mécanique.......... 1525
ROZIÈRES (Jean). — Voir *Marx (Alfred)* et *Jean Rozières.*
RYDER. — M. le *Ministre des Affaires étrangères* transmet la traduction de sa lettre relative au centenaire de la mort du colonel *Lambton*, correspondant de l'Académie 621

S

SAGNAC (G.). — Sur le spectre variable périodique des étoiles doubles : incompatibilité des phénomènes observés par la théorie de la relativité générale................. 161
— Pose sa candidature à la place vacante, dans la section de physique générale, par le décès de M. *E. Bouty*........................ 358
SAIDMAN. — Voir *Ménard (Maxime)* et *Saidman.*
SAINTE-LAGUË (A.). — Les réseaux.. 1202
SALÉE (A.). — Voir *Delhaye (F.)* et *A. Salée.*
SALOMON (B.). — Sur les analogies gyroscopiques des machines synchrones et asynchrones et sur la transposition en mécanique de certains diagrammes de l'électrotechnique.................. 661
SALTYKOW (N.). — Sur les méthodes d'intégration des équations partielles........................ 1528
SAMEC et V. ISAJEVIČ. — Sur la composition du glycogène........ 1419
SAND (Knud). — Voir *Pézard (A.), Knud Sand* et *F. Caridroit.*
SANTENOISE (D.). — Voir *Garrelon (L.)* et *D. Santenoise.*
— Voir *Richet (Charles), L. Garrelon* et *D. Santenoise.*
SAUVAGE (E.). — Production et condensation de la vapeur (imp.)..... 1686
SAUVAGEAU (Camille). — Sur l'état quiescent prolongé d'une algue phéosporée éphémère........... 478
SAUVAGEOT (M.) et H. DELMAS. — Sur la faculté de trempe de l'acier extra-doux à très haute température..................... 1146, 1310
SCHERESCHEWSKY (Ph.) et Ph. WEHRLÉ. — Éléments d'une synthèse des méthodes de prévision française et norvégienne..... 994
— Étude des nuages par photographie synoptique (Semaine des nuages).. 1405
SCHLŒSING (Théophile). — Est élu membre de la Commission de la Maison de l'Institut de France à Londres...................... 552
— Fait partie de la Commission des prix de chimie...................... 643
— id. des prix d'économie rurale...... 643
— id. chargée de proposer une question pour le prix Bordin à décerner en 1925...................... 645
SCHMIDT (Johs). — Assiste à la séance de l'Académie................. 1434
SCHNÆBELÉ (E.). — La structure actuelle des Vosges primaires. Application à l'ensemble des Vosges d'observations faites surtout au nord de la vallée de Villé......... 523
— Les granites du Champ du Feu (Vosges)....................... 693
— Sur l'origine tectonique des vallées du versant Est des Vosges....... 1076
SCHOEP (Alfred). — Sur la parsonsite, nouveau minéral radioactif...... 171
SCHOKALSKY (J. de). — Océanogra-

MM. Pages.
phie (imp.)...................... 158
SCHOUTEN et STRUIK. — Un théorème sur la transformation conforme dans la géométrie différentielle à *n* dimensions........... 1597
SCHÜTZENBERGER (Paul). — Paul Schützenberger et l'isotopie; par M. *O. Boudouard*.............. 55
SCHWENDENER (Simon). — Son remplacement.................. 483
SEBERT (Hippolyte). — Fait partie de la commission des prix de mécanique......................... 642
— id. de navigation................. 643
— Est désigné pour faire partie du Conseil de l'Office national des recherches scientifiques et industrielles et des inventions......... 723
SECTION DE MÉDECINE ET CHIRURGIE. — Chargée de présenter une liste de deux candidats à la chaire de *Physiologie des sensations* du Collège de France........ 1780
SEE (T. J. J.). — Electrodynamic wave. Theory of physical forces. Vol. II : New theory of the aether (imp.). 553, 1686
SEGUIN (Marc). — MM. *Émile Picard*, *Lecornu* et *Kœnigs* sont délégués à l'inauguration de sa statue, à Annonay, le 10 juillet 1923....... 1864
SEMICHON (Lucien). — Sur la préparation du vin par fermentation continue; sélection des ferments par l'alcool déjà formé.............. 1017
SENDERENS (J.-B.). — Déshydratation catalytique des alcools par l'acide sulfurique étendu......... 813
SERGESCO (P.). — Sur les noyaux symétrisables..................... 1780
SEURAT (L.-G.). — Sur la faune de pénétration des rivières du Sud-Tunisien...................... 414
SIMON (L.-J.). — Viscosité, neutralisation et isomorphisme............ 437
— Action du sulfate diméthylique et du méthylsufate de potassium en l'absence d'eau sur les mono-acides organiques.............. 583
— Détermination du carbone dans la terre végétale.................. 1409
SIMON (L.-J.) et E. AUBEL. — L'acide pyruvique est-il l'un des termes de la décomposition du glucose au cours de la glycolyse............ 1925
SIMON (L.-J.) et G. CHAVANNE. — Une préparation nouvelle de l'acide monochloracétique.............. 309
SIMON (L.-J.) et M. FRÈREJACQUE. — Action méthylante et sulfonante du sulfate diméthylique sur les phénols en l'absence d'eau....... 900
— *Erratum* relatif à cette communication........................... 966
SIMON (L.-J.) et A.-J.-A. GUILLAUMIN. — Détermination du carbone et de l'hydrogène par l'emploi du mélange d'acide sulfurique et de bichromate d'argent.......... 1065
SIMON (L.-J.) et Léon PIAUX. — Passage de l'alanine à l'acide pyruvique par action directe de l'oxygène...................... 1227
SIMON (L.-J.) et L. ZIVY. — Mélange des tartrates et phosphates envisagés comme tampons. Action antagoniste du chlorure de calcium......................... 136
SOLIGNAC. — Sur la tectonique du pays des Mogods, du plateau des Hédil et du Bejaoua septentrional (Tunisie septentrionale)......... 758
— Sur la tectonique de la plaine de Mateur et de ses abords (Tunisie).. 909
SOREAU (Rodolphe). — Lois de variation des caractéristiques de l'air standard avec l'altitude......... 290
SOUÈGES (René). — Embryogénie des Valérianacées. Développement de l'embryon chez le *Valerianella olitoria* Poll...................... 1081
— Embryogénie des Géraniacées. Développement de l'embryon chez l'*Erodium cicutarium* l'Hérit..... 1565
SOULA. — Sur les séries de Taylor qui ont une infinité de coefficients nuls.......................... 877
SOULEYRE (A.). — Les oscillations océaniques et les oscillations climatiques dans le passé et dans le présent. Le rythme de contraction du Soleil (imp.)................. 1200
SPARRE (le comte Magnus de). — Au sujet des coups de bélier dans les conduites de refoulement........ 1356
— Sur le rendement des turbines à réaction munies de tubes d'aspiration......................... 935
— Errata relatifs à cette communica-

MM. Pages.
tion.......................... 1432
STEFANESCU (Sabba). — Sur la croissance dans deux directions opposées, et sur les marques de friction et de pression des molaires des matodontes bunolophodontes et des éléphants................. 114
— Sur le raccourcissement du maxillaire inférieur des mastodontes et des éléphants................. 460
STEINER (Pierre). — Les spectres d'absorption ultraviolets des alcaloïdes du groupe de l'isoquinoléine. La narcotine, l'hydrastine et l'hydrocotarnine.................. 244
— Les spectres d'absorbtion ultraviolets du vératrol et de la vaniline...... 744
— Les spectres d'absorption ultraviolets des alcaloïdes du groupe de l'isoquinoléine. La narcéine...... 1379
STOÏLOW (S.). — Sur les fonctions continues et leurs dérivées....... 227
STOKLASA (Jules). — Sur l'origine des gisements de nitrate du Chili.. 1570

MM. Pages.
STORGAARD. — Assiste à une séance de l'Académie.................. 1513
STÖRMER (Carl). — Résultats des mesures photogrammétriques de l'aurore boréale du 22-23 mars 1920.......................... 109
STROH. — Voir *Laubeuf* et *Stroh.*
STROOBANT (Paul). — Les progrès récents de l'astronomie (1918-1920) (imp.)......................... 157
STRUIK. — Voir *Schouten* et *Struik.*
STUMPER (Robert). — Nouvelles recherches sur le venin des Fourmis.......................... 330
— La corrosion du fer en présence du sulfure de fer.................. 1316
SUDRIA. — Détermination de la position des flèches dans une poutre fléchie........................ 1131
— Observations de M. *Mesnager* au sujet de cette communication.... 1271
SZEGLOFF (Mlle O.). — Voir *Lubimenko (V.)* et Mlle O. *Szegloff.*

T

TANRET (Georges). — Sur quelques bases, du type de la tropacocaïne, dérivées de la pseudopelletiérine.. 1659
— *Erratum* relatif à cette communication.......................... 1936
TEISSIER (G.). — Travaux de la Station biologique de Roscoff. Fasc. 1. Recherches sur *Dynamea pumila* (imp.)........................ 1361
— Voir *Hovasse (R.)* et *G. Teissier.*
TERMIER (Pierre). — Fait partie de la commission des prix de minéralogie et géologie.............. 643
— id. du grand prix des sciences physiques.......................... 644
— id. du prix Petit d'Ormoy des sciences naturelles..................... 645
TERROINE (E.-F.). — Travaux de l'Institut de physiologie générale de l'Université de Strasbourg..... 1115
TERROINE (Émile-F.) et H. BARTHÉLEMY. — La composition des œufs au cours de l'ovogenèse chez la grenouille rousse (*Rana fusca*).. 1757
TERROINE (Émile-F.), A. FEUERBACH et E. BRENCKMANN. — Unité de métabolisme énergétique et masse active des organismes... 462
THOMAS (V.). — Voir *Chaumeil* et *V. Thomas.*
— Voir *Roche (A.)* et *V. Thomas.*
THOMASSET (J.-J.). — Rapports entre l'ivoire et l'émail dentaires chez un poisson fossile (Sargodon). 1731
THOMSON (Sir J.-J.) — Fait hommage de la traduction, par MM. Fric et Corvisy, de la deuxième édition de son ouvrage : « Les rayons d'électricité positive et leur application aux analyses chimiques »........ 223
THOULET (J.). — Relation entre la profondeur de la ligne d'apparition des vases et la hauteur des vagues........................ 323
TIFFENEAU (M.) et H. DORLENCOURT. — Sur une nouvelle série d'hypnotiques, les aryldialcoylglycols..................... 1343

MM. Pages.

TIFFENEAU (M.) et Mlle J. LÉVY. — Transpositions pinacoliques et semi-pinacoliques. Aptitudes migratrices comparées des divers radicaux 312
TILHO (JEAN). — Est présenté en première ligne pour la succession de M. *Louis Favé* 542
— Obtient des suffrages 552
TILLY (DE). — Correspondance de M. Houel sur la géométrie non euclidienne 1036
TISSERAND (EUGÈNE). — Fait partie de la commission des prix d'économie rurale 643
— id. du prix Montyon de statistique 644
TOMKINSON (Mlle MARGARET G.). — Hydrogénation catalytique de l'anhydride sulfureux 35
TOMMASINA (TH.). — Contribution à la théorie dynamo-cinétique de l'électron et de l'atome 892
— *Erratum* relatif à cette communication 1192
TONI (DE). — Assiste à une séance de l'Académie 1513
TORDAY (E.) et T.-A. JOYCE. — Notes ethnographiques sur des populations habitant les bassins du Kasai et du Kwango oriental (imp.) 1282
TOUPLAIN (F.). — Voir *Bordas* (*F.*) et *F. Touplain.*
TRABUT. — Carpoxénie et mutations gemmaires chez les *Citrus* cultivés 772
TRAYNARD (C.-E.). — Sur les surfaces du quatrième degré à quinze points doubles et les fonctions abéliennes singulières 560
TRILLAT (A.). — Sur les propriétés différentes des poussières microbiennes sèches ou liquides 144
TROUARD-RIOLLE (Mlle Y.). — Voir *Colin* (*H.*) et Mlle *Y. Trouard-Riolle.*
TROUESSART (E.-L.) et MAX KOLLMANN. — Voyage zoologique d'Henri Gadeau de Kerville en Syrie. Tome IV : Mammifères (imp.) 1591
TROUSSET (J.). — L'observation des planètes peut-elle fournir des arguments pour ou contre la relativité ? 888
— Est présenté en seconde ligne sur la liste des candidats au poste de directeur de l'Observatoire de Marseille 1779

U

UNGERER. — L'horloge astronomique de la cathédrale de Strasbourg (imp.) 1115
URBAIN (ÉDOUARD et RÉMY). — Séparation de mélanges liquides par distillation et atmolyse combinées. Obtention de l'alcool éthylique et de l'acide nitrique pratiquement purs 166
— Atmolyse d'un mélange gazeux à plusieurs constituants. Application au mélange utilisé dans l'industrie de l'acide sulfurique par le procédé de contact 304
URBAIN (GEORGES). — Sur le celtium, élément de numéro atomique 72 469
— Présente le premier rapport de la Commission internationale des éléments chimiques qui renferme la table des isotopes et celle des éléments radioactifs 482
— Fait partie de la commission des prix de chimie 643
— Fait hommage d'un ouvrage de *F.-W. Aston* (traduit par Mlle S. Veil) : « Les Isotopes », dont il a écrit la préface 1281
URBAIN (G.) et A. DAUVILLIER. — Sur la coexistence du celtium (élément 72) et des terres yttriques 622

V

MM. Pages.
VAGLIANO (M.). — Voir *Wollmann* (*E.*) et *M. Vagliano.*
— Voir *Lesné* (*Ed.*) et *M. Vaglianos.*
— Voir *Lesné* (*E.*), *Christou* et *Vaglianos.*
VALDIGUIÉ. — Voir *Aloy* et *Valdiguié.*
VALLÉE (H.). — Voir *Leclainche* (*E.*) et *H. Vallée.*
VALLERY-RADOT (PASTEUR). — M. *E. Roux* fait hommage à l'Académie du tome I (Dissymétrie moléculaire) et du tome II (Fermentations et générations dites « spontanées ») des œuvres de *Pasteur*, qu'il a réunies 26
VALIRON (G.). — Remarques sur un théorème de M. Carleman 943
VAN DEN DUNGEN (F.-H.). — Calcul des pôles simples d'une fonction méromorphes 1864
VAN DER WAALS (JOANNES). — Sa mort est annoncée à l'Académie ... 793
VAN DE SANDE BACKHUYSEN (HENDRICUS-GERARDUS). — Sa mort est annoncée à l'Académie ... 149
— M. *G. Bigourdan* rappelle ses principaux travaux 201
VANSSAY (DE) et J. CHARCOT. — Carte de pêche complète de la mer du Nord (imp.) 359
VAVON (G.) et A. HUSSON. — Catalyse et empêchement stérique 989
VAYSSIÈRE (A.). — Caractères à rechercher pour le classement de gastéropodes de la famille des Cypræidés 1435
VEGARD (L.). — Sur le spectre de l'aurore boréale et les couches supérieures de l'atmosphère 947
— Sur la constitution des couches supérieures de l'atmosphère 1488
— *Erratum* relatif à cette communication 1772
VEIL (Mlle SUZANNE). — L'évolution de la molécule d'hydroxyde ferrique au sein de l'eau 101
— Les Isotopes (imp.) 1281
— L'évolution de la molécule d'hydroxyde de chrome au sein de l'eau 1304
VERLEY (ALBERT). — Voir *Baron* (*Charles*) et *Albert Verley.*
VERNADSKY (W. J.). — La mendelejevite, nouveau minéral radioactif 993
VIALA (PIERRE). — Fait partie de la commission des prix d'économie rurale 643
— Est désigné pour faire partie du Conseil de l'Office national des recherches scientifiques et industrielles et des inventions 723
VIEILLE (PAUL). — Fait partie de la commission des prix de mécanique. 642
— id. de navigation 643
VIEL (E.). — Voir *Caille* et *E. Viel.*
VIENNOT (PIERRE). — La nappe du Labourd, pays basque français ... 1234
VIGNON (P.). — Sur le mimétisme des Sauterelles Ptérochrozées 1348
VILLARD (PAUL). — Fait partie de la commission des prix de physique .. 643
— Sur un hydrate d'iode 1516
VILLAT (HENRI). — Est élu correspondant pour la section de mécanique, en remplacement de M. *E. Ariès*, décédé 1525
VILLEDIEU (M. et Mme G.). — Action des oxydes insolubles sur le mildiou de la pomme de terre (*Phytophtora infestans*) 534
VILLEMIN (F.). — Voir *Anthony* (*R.*) et *F. Villemin* ....
VINCENT (HYACINTHE). — Fait partie de la commission du fonds Charles Bouchard 644
— id. des prix de médecine et chirurgie. 644
VIOLLE (JULES). — Fait partie de la commission des prix de physique .. 643
— id. du prix Montyon de statistique ... 644
— id. du prix Henry Wilde 645
VLADESCO (RADU). — Diffraction de la lumière par les cils 1247
VLÈS (F.). — Voir *Dragoiu* (*F.*), *F. Vlès* et *M. Rose.*
— Voir *Rose* (*M.*), *J. Dragoiu* et *F. Vlès.*
VLÈS (FRED), Mlle G. ACHARD et DJ. PRIKELMAIER. — Sur

MM. Pages.

quelques propriétés physico-chimiques des constituants de l'œuf d'Oursin........ 1179
VLÈS (F.), J. DRAGOIU et M. ROSE. — Recherches sur le P_H d'arrêt de la division de l'œuf d'Oursin........ 133
VOICU (J.). — L'effet de l'humus à faibles et à fortes doses sur la fixation de l'azote par l'*Azotobacter chroococcum*........ 1421
VOLMAR. — Photolyse de l'acide tartrique et des acides-alcools........ 742
— Action de la lumière sur les émétiques........ 1465
VOURNAZOS (A.-Ch.). — Les bismuthamines, nouvelle classe de corps. 1555
VUILLEMIN (Paul). — Classification des monocotylédones........ 23

W

WADDELL (J. A. L.). — Fait hommage d'une brochure intitulée : « Two addresses to the engineering students of University of Barcelona ». 26
WAHL (A.) et W. HANSEN. — Sur l'isoindigotine et l'indine........ 1070
WALLERANT (Frédéric). — Fait partie de la commission des prix de minéralogie et géologie........ 643
— Extrait d'une note de M. *Astbury* relative à la structure de l'acide tartrique indiquée par Pasteur.... 1518
WALSH (J.-L.). — Sur un théorème d'algèbre........ 1361
WALTER (E.). — Voir *Henri (Victor)* et *E. Waltier*.
WANDENBULCKE (F.). — Voir *Diénert* et *F. Wandenbulke*.
WAZEWSKI (Tadé). — Sur les ensembles mesurables........ 69
WEBER (A.). — Action inhibitrice du milieu intérieur des batraciens anoures sur la fécondation et l'activation parthénogénétique de leurs œufs........ 1255
WEBER (Mlle Gertrude). — Sur la limite entre le Danien et le Maestrichien en Crimée........ 1486
WEHRLÉ (Ph.). — Voir *Schereschewsky (Ph.)* et *Ph. Werhlé*.
WEHRLÉ (Ph.) et R. CORDEBAS. — Sur la notion de phase dans l'étude de la perturbation ondulatoire de pression........ 324
WEINSTEIN (A.). — Sur l'unicité des mouvements glissants........ 493
— *Errata* relatifs à cette communication........ 206
WIDAL (Fernand). — Fait partie de la commission des prix de médecine et chirurgie........ 644
— id. des prix de physiologie........ 644
— id. du fonds Charles Bouchard........ 644
— Est délégué à la séance d'ouverture du Congrès international de Propagande d'Hygiène sociale........ 1115
WINOGRADSKY (Serge). — Obtient un suffrage au scrutin pour l'élection d'un associé étranger........ 483
— Obtient des suffrages au scrutin pour l'élection d'un associé étranger........ 723, 821
WOLF (Maurice). — De l'importance du calcium et du potassium dans la physiologie pathologique du cancer........ 1932
WOLFERS (F.). — Sur une apparence de réflexion des rayons X à la surface des corps........ 1385
WOLKOWITSCH (David). — Sur les mouvements infiniment petits en un point d'un corps élastique admettant un plan de symétrie........ 75
— *Erratum* relatif à cette communication........ 200
WOLLMANN (E.) et M. VAGLIANO. — Action de la lumière sur la croissance........ 1653
WOOG (Paul). — Sur quelques phénomènes d'altération superficielle du verre, décelables par les courants de haute tension........ 1797
WOUSENG (Sung). — Voir *Locquin (René)* et *Sung Wouseng*.

Y

MM. Pages.
YLÖSTALO (V.). — Sur la mesure des coefficients de self-induction en haute fréquence 576
— Voir *Gutton* (*C.*), *S. K. Mitra* et *V. Ylöstalo*.

Z

ZALESSKI (D.). — M. *H. Douvillé* présente de sa part un atlas consacré à la flore paléozoïque de la série d'Angora 1199
ZAMBONINI (F.). — Sur le molybdate de thorium $Th(MoO^4)^2$........ 1473
ZEILLER (Charles-René). —....... 1199
ZERVOS (P.). — Sur quelques transformations d'équations aux dérivées partielles 1444
ZIVY (L.). — Voir *Simon* (*L.-J.*) et *L. Zivy*.

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.
70912-23 Paris. — Quai des Grands-Augustins, 55.